

**Die Wirkung von Straßenverkehrslärm
auf die elektroenzephalographisch bestimmte
Schlaf-tiefenkurve von Schichtarbeitern
nach Tag- und Nachtarbeit**

Bernd Schmid

1975

Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie der
Technischen Universität München

Direktor: Prof. Dr.med. Müller-Limmroth

Die Wirkung von Straßenverkehrslärm auf die
elektroenzephalographisch bestimmte Schlaf-
tiefenkurve von Schichtarbeitern nach Tag-
und Nachtarbeit.

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Bernd Schmid
aus Winzer

1974

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
München

Berichterstatter: Prof. Dr.med. W. Müller-Limmroth

Mitberichterstatter: Prof. Dr.med. H. Hippius

Dekan: Prof. Dr.med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 7.10.75



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1. Literaturübersicht	1
1.1.1. EEG-Schlafstadien	1
1.1.2. Phänomenologische Untersuchungen mit Hilfe von Schallreizen	2
1.2. Zielsetzung der vorliegenden Studie	9
1.2.1. Lärmauswahl	10
2. Methodik	12
2.1. Auswahl der Versuchspersonen	12
2.2. Versuchsanordnung	12
2.3. Erläuterung der Lärmbedingungen	15
2.4. Versuchsbedingungen	20
2.5. Auswertungsmethode	27
2.5.1. Schlaf tiefenkurven	31
2.5.2. Summenkurven	31
3. Ergebnisse	34
3.1. Demonstration der Schlaf tiefenkurven der 12 Versuchspersonen unter den 5 verschiedenen Versuchsbedingungen	34
3.2. Lärmwirkung auf den Nachtschlaf	49
3.3. Lärmwirkung auf den Tagschlaf nach Nachtschicht	60
3.4. Vergleich des ungestörten Nachtschlafs mit dem ungestörten Tagschlaf	72

3.5.	Vergleich des gestörten Nachtschlafs mit dem gestörten Tagschlaf	81
3.6.	First night effect beim Tagschlaf	89
3.7.	Subjektive Angaben	96
4.	Diskussion	117
4.1.	Literaturvergleich	117
4.2.	Subjektive Angaben und objektive Daten	124
4.3.	Schlußfolgerungen	131
5.	Zusammenfassung	132
6.	Literaturverzeichnis	135

1. Einleitung

1.1. Literaturübersicht

1.1.1. EEG-Schlafstadien

Mit der Einführung der elektroenzephalographischen Technik hat die Schlafforschung einen gewaltigen Aufschwung erfahren. Zwei Arbeiten aus jüngerer Zeit waren für die Definition von Schlafstadien aus polygraphischen Registrierungen besonders wichtig:

1. ASERINSKY und KLEITMAN fanden im Jahre 1953, daß im Schlaf in bestimmten Abständen Phasen mit Salven schneller Augenbewegungen auftreten (6).
2. 1957 berichteten DEMENT und KLEITMAN über die polyzyklische Änderung des Schlaf-EEGs (15).

Es stellte sich ferner heraus, daß Versuchspersonen aus dem Schlaf mit schnellen Augenbewegungen geweckt, am häufigsten über Traumerlebnisse berichten (6).

Auf LOOMIS et al (37) aufbauend, entwickelten die verschiedenen Schlaflaboratorien voneinander abweichende Einteilungskriterien der Schlafstadien. Bereits 1960 wurde eine Einteilung nach einer standardisierten Methode angeregt. Dieses Vorhaben wurde dann 1967 auf dem 7. Kongreß der "Association for the Psychophysiological Study of Sleep" von einer Kommission unter Vorsitz von RECHTSCHAFFEN und KALES (52) verwirklicht.

Folgende Einteilung wurde empfohlen:

Stadium 0 - (= W, wakefulness), Wachzustand

Stadium 1 - Einschlafstadium, ohne schnelle Augenbewegungen (REMs)

- Stadium 2 - leichter Normalschlaf
- Stadium 3 - mittelschwerer Normalschlaf
- Stadium 4 - tiefer Normalschlaf
- Stadium REM - Traumschlaf mit Salven schneller Augenbewegungen und fast vollständigem Verschwinden des Muskeltonus

Aus dieser Stadien-Einteilung geht hervor, daß das EEG allein zur Unterscheidung nicht genügt. Man zieht deshalb noch das Elektromyogramm (EMG) und das Elektrookulogramm (EOG) als zusätzliche Indikatoren heran (52).

Stadium REM wird in der Literatur häufig als paradoxer Schlaf bezeichnet, im Gegensatz zum sog. non-REM-Schlaf oder Orthodoxalschlaf (NREM, Stadium 1, 2, 3 und 4 zusammengerechnet). Zusammenfassende Darstellungen finden sich bei KLEITMAN (28), OSWALD (49) und BAUST (8).

1.1.2. Phänomenologische Untersuchungen mit Hilfe von Schallreizen

Die meisten vorliegenden Untersuchungen über die Applikation von Schallreizen auf den Schlaf des Menschen sind wohl primär in der Absicht unternommen worden, Beiträge zur Phänomenologie des Schlafes zu liefern.

Das erste derartige Experiment unternahm KOHLSCHÜTTER im Jahre 1862 (30). Er konnte zeigen, daß die Weckschwelle im Verlauf der 2. und 3. Stunde ein Maximum erreichte und danach stark erniedrigt war. Anhand dieser Daten fertigte er eine "Schlauftiefenkurve" an.

SWANN (59) wies jedoch später darauf hin, daß KOHLSCHÜTTER etwa 30 - 45 % seiner Daten vernachlässigt hatte, um seine Kurve zu glätten.

MULLIN, KLEITMAN und COOPERMAN (43) berichteten 1937 über die Beziehung zwischen Änderung der Reizbarkeit auf verschiedene akustische Stimuli und dem zeitlichen Schlafablauf. Getestet wurden Erwachsene (geistig normale und schwachsinnige), Kinder und Hunde.

Auch in späteren Arbeiten wurden externe akustische Reize benutzt, um das Problem der Schlafentiefe zu erforschen, bzw. die einzelnen Schlafstadien hinsichtlich ihrer Reaktion auf Reize verschiedener Art und Intensität zu prüfen.

ZUNG et al (69) präsentierten 25 Versuchspersonen unter kontinuierlicher EEG-Registrierung verschiedene Lärmarten gewohnter und ungewohnter Art (z.B. anfahrende und bremsende Autos, Türglocken, Löwengebrüll, Artillerie-Feuer usw.). Sie stellten fest, daß der Vergleich zwischen vertrautem und nichtvertrautem Lärm keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der einzelnen Schlafstadien aufwies. Im Tiefschlafstadium E (= 4) reagierten die Versuchspersonen am seltensten. Allerdings wurde in dieser Arbeit die Differenzierung von Stadium 1 und Stadium REM nicht vorgenommen.

WILLIAMS et al (65) benutzten als Stimulus eine Folge von 5 sec anhaltenden knallartigen Geräuschen, die jeweils 90 msec dauerten und untereinander 90 msec zeitlich getrennt waren. Als Indikatoren der Reizbeantwortung wurden elektroenzephalographische, vasokonstriktorische und verhaltensmäßige Reaktionen herangezogen. Diese Autoren zogen den Schluß, daß die EEG-Schlafstadien keine konstanten Anzeiger für die Reaktionslage des Organismus wären. Beispielsweise wäre Stadium REM ein "tiefes" Stadium in Bezug auf die Reaktionen des EEGs und Verhaltens, nicht aber für die vasokonstriktorische Reaktion. Stadium 2 sei hinsichtlich der verhaltensmäßigen Reaktion ein "leichtes" Stadium, würde aber nach einigen Stunden Schlaf "tiefer" werden. Schlafentzug schien die Reaktionsschwelle in allen Schlafstadien zu erhöhen.

RECHTSCHAFFEN et al (51) fanden bei Weckversuchen etwa gleiche Weckschwellen für Stadium REM und Stadium 2. Die höchste Schwelle besaß der Delta-Schlaf (Stadium 4). Als Stimulus diente ein 2000 Hz Ton mit Lautstärken um 65 dB über dem Geräuschpegel des Laboratoriums. Bei der Auswahl des Stimulus war das entscheidende Kriterium, die Möglichkeit des Einbaus des Reizes in die geistige Aktivität während des Schlafes weitgehend auszuschalten. Die Weckschwellen nahmen unabhängig von Schlafstadien mit fortschreitender Schlafdauer ab.

LEVERE und Mitarbeiter (36) beschäftigten sich mit der Frage, ob akustische Reize im Wachzustand und im Schlaf in gleicher Weise aufgenommen werden. Bei wachem Bewußtsein empfindet das menschliche Gehörorgan unterschiedliche Schalldrücke verschiedener Tonhöhen gleichlaut, wobei niederfrequente Töne eine größere physikalische Intensität besitzen müssen, um als gleichlaut wie Töne höherer Frequenzen beurteilt zu werden. Die Ergebnisse dieser Autoren deuteten an, daß die Beziehung zwischen Schallfrequenz und subjektiver Lautstärke im Wachzustand auch die Reaktionen im Schlaf mit schneller EEG-Aktivität (ohne schnelle Augenbewegungen) bestimmt. Jedoch schien die Weckschwelle im Tiefschlaf nur von der physikalischen Intensität des Reizes abhängig zu sein. Als Weckreaktion wurde die kortikale Desynchronisation mit Hilfe eines Computerprogramms quantitativ gemessen.

WILLIAMS et al (66) konnten später zeigen, daß beim Stadium REM die Bedeutung des Reizes eine besondere Rolle spielt. Für Geräusche ohne Informationsgehalt erwies es sich als "tiefes", für Signale mit Warncharakter als relativ "leichtes" Schlafstadium.

Neben den erwähnten Untersuchungen gibt es noch eine ganze Reihe von Arbeiten mit ähnlicher Problemstellung (45, 56, 61, 68). Manche Autoren bedienten sich dabei der Technik der evozierten Antwortpotentiale (41, 44, 63).

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Weckreaktion eine Funktion mehrerer Größen darstellt, von denen jetzt einige bekannt sind: Reizintensität (60), Schlafstadium (51, 65), Ausmaß des vorausgegangenen Schlafentzugs (65), fortschreitende Schlafdauer (51), Informationsgehalt des Reizes (66) und individuelle Variabilität, vor allem altersbedingte (38). Der Begriff der Weckreaktion bedarf allerdings einer genauen Definition. Als Kriterien wurden beispielsweise herangezogen: EEG-Reaktion, z.B. als K-Komplex oder als Frequenzbeschleunigung im Sinne einer Aktivierung, Wechsel von einem "tieferen" in ein "leichteres" Stadium, Körperbewegungen oder vollständiges Erwachen.

1.1.3. Untersuchungen, die sich mit "Schlafstörungen durch Lärm" befassen

Vergleichsweise wenig experimentelle Arbeiten befaßten sich im engeren Sinne mit der Wirkung von Lärm, insbesondere Verkehrslärm, auf den Schlaf des Menschen.

Amerikanische Autoren beschäftigten sich in erster Linie mit Geräuschen, die von Luft- und Raumfahrzeugen erzeugt werden.

FROST (24) untersuchte die Wirkung von Raumfahrt-Lärm auf den Schlaf von 2 Testpiloten im Alter von 25 und 35 Jahren. Er konnte keine deutlichen Änderungen des Schlafverhaltens feststellen; bei einer Versuchsperson deutete sich eine leichte REM-Reduktion an.

LUKAS, DOBBS und KRYTER (38) präsentierten jeweils 4 Versuchspersonen aus 3 verschiedenen Altersklassen über mehrere Nächte Düsenflugzeuglärm und simulierte Überschallknallgeräusche. Die Ergebnisse zeigten, daß Kinder auf diese Art

von Geräuschen relativ unempfindlich reagierten. Versuchspersonen der mittleren Altersgruppe (ca. 50 J.) erwachten zu 18 %, die älteren Versuchspersonen erwachten zu 32 % bei beiden Geräuschen. Zu ähnlichen Ergebnissen hatte eine frühere Studie mit insgesamt 6 Versuchspersonen geführt (40).

SMITH und HUTTO (57) versuchten den Einfluß von nächtlich applizierten Überschallknallgeräuschen auf die morgendliche Stimmung herauszufinden, konnten aber keinen Stimmungswechsel feststellen.

COLLINS und IAMPIETRO (14) setzten ebenfalls Versuchspersonen aus drei Altersgruppen nachts Überschallknallgeräuschen aus. Sie fanden keine statistisch signifikanten Wirkungen auf das Schlafmuster. Jedoch steigerten die einzelnen Geräusche Herzfrequenz, Muskeltonus und Hautwiderstand bei allen Versuchspersonen. Reaktionen des Elektromyogramms erfolgten in 45 - 50 % der Knallgeräusche. Der Hautwiderstand erhöhte sich in 19 % der Fälle. Die Häufigkeit dieser Ereignisse nahm mit höherem Alter zu.

Die Wirkung auf die Leistungsfähigkeit am folgenden Tag, nachdem der Schlaf stündlich durch Überschallknallgeräusche gestört worden war, untersuchten CHILES und WEST (12) an 24 männlichen Versuchspersonen. Die Ergebnisse zeigten keine meßbaren Folgen hinsichtlich komplexer Leistungstests. Auch diese Autoren fanden signifikante Altersunterschiede in 5 von 10 Messungen.

Eine Studie von LEVERE et al (35) befaßt sich mit Störeffekten als Funktion der Schlafzeit. Sie benutzten das Geräusch von vorbeifliegenden Düsenflugzeugen (80 dB Spitzenwert, 20 sec Dauer) und stellten fest, daß diese "relativ geringe Intensität" (1) signifikante physiologische Weckreaktionen, aber nicht unbedingt ein vollständiges Erwachen zur Folge hat, (2) die Weckreaktion die aktuelle Gegenwart des akustischen Reizes überdauert und (3) die Reaktionen während

des ersten und des letzten Drittels der Nacht am größten sind.

Geschlechtsspezifische Unterschiede fanden LUKAS und DOBBS (39), die Frauen im Durchschnittsalter von 35 Jahren untersuchten und die Ergebnisse mit den Daten einer früheren Untersuchung an Männern aus derselben Altersgruppe verglichen. Die Frauen reagierten im Durchschnitt empfindlicher als die Männer.

O'BRIEN et al (46) berichteten auf dem 82. Kongreß der "Acoustical Society of America" über Schlafregistrierungen von 6 Versuchspersonen, die einem periodischen Flugzeuflärm von 80 dB (Spitzenwert) ausgesetzt waren. Sie registrierten eine "Schlafverflachung" und eine Verminderung der Reaktionszeit am Morgen nach der Störung, die sich als statistisch signifikant erwies.

Neben Flugzeuflärm benutzten japanische Autoren Eisenbahnlärm, weißes Rauschen, Fabrikärm sowie Straßenverkehrsärm, intermittierend und kontinuierlich (47). Die Lärmapplikation erfolgte von 23 - 2 Uhr und von 4 - 7 Uhr mit Lautstärken zwischen 40 und 60 dB (A). 5 Versuchspersonen wurden getestet, und als Kriterien dienten: EEG, Fingerpulsplethysmogramm und Leukozytenbestimmungen vor und nach dem Schlaf (Eosinophile und Basophile). Ziel dieser Arbeit war, den unterschiedlichen Einfluß von Lärm verschiedener Art und Intensität herauszufinden. Das Fingerplethysmogramm zeigte sich von der erhöhten Intensität unbeeinflußt. Das EEG ergab eine Tendenz, die Schlaftiefe in der ersten Stunde durch gesteigerte Intensität zu vermindern, die jedoch statistisch nicht zu erhärten war. Die durchschnittliche Schlaftiefe der gesamten Nacht unterschied sich nicht beim Vergleich der unterschiedlichen Arten und Intensitäten der verwandten Geräusche. Auch die Leukozyten waren unbeeinflußt.

Ein Vergleich mit früheren Ergebnissen zeigte, daß die durchschnittliche Schlaftiefe in diesem Experiment signifikant abnahm und intermittierender mechanischer (40 - 60 dB (A)) bzw. kontinuierlicher Straßenlärm (40 - 55 dB (A)) etwa gleiches Tiefschlafdefizit verursachten wie intermittierender Zug- und Flugzeuglärm von 50 und 60 dB (A). Die Basophilen und Eosinophilen erniedrigten sich deutlich bei allen informationshaltigen Geräuschen, mit Ausnahme des weißen Rauschens von 40 dB, das neben Fabriklärm die geringste Wirkung hinsichtlich der Schlafverflachung aufwies.

Weißes Rauschen (70 dB) verwendete auch JANSEN (26) und applizierte es zu Beginn der Schlafregistrierung oder 90 Minuten später. Er verwendete dieses Geräusch auch, um Einzelreize verschiedener Dauer (300 msec - 12 sec) darzubieten, um deren "Wirkung als Aufweckgrößen und Parameter für die Änderung der Schlaftiefe zu erkennen".

OTTO (50) berichtete über Änderungen der Herzperiodendauer, der Atemfrequenz und der EEG-Aktivität nach Schallreizen an 16 Probanden während eines 1 - 3 stündigen Tagschlafs. 4 Probanden wurden 3 Stunden lang beim Nachtschlaf untersucht. Es ließ sich statistisch sichern, daß bei experimentell verminderter Lärmintensität (individuellem Gehörschutz) die Anzahl interponierter Wachphasen verringert, der Prozeß des Wiedereinschlafens beschleunigt, der Anteil der Tiefschlafaktivität erhöht und die Gesamtzahl der mit Hilfe von EEG-Kriterien abgrenzbaren Schlafphasen vermindert ist. Verwendet wurde Verkehrslärm.

Im Rahmen experimenteller Schichtarbeit untersuchten KNAUTH und RUTENFRANZ (29) das Schlafverhalten von 5 Studenten im Alter von 21 - 24 Jahren mit und ohne Lärmstörung. Die Störung erfolgte in Form von Kinder- und Verkehrslärm mit einer Lautstärke von 60 - 80 dB, wobei Einzelreize gesetzt wurden. Beim ungestörten Tagschlaf, der signifikant kürzer

war als der ungestörte Nachtschlaf, fanden sie außerdem einen deutlichen Rückgang des Paradoxalschlafes. Lärmstörungen verursachten sowohl beim Tagschlaf als auch beim Nachtschlaf eine Verkürzung, eine Reduzierung der Stadien 4 und REM und eine erhöhte Anzahl von Stadienwechseln.

1.2. Zielsetzung der vorliegenden Studie

Überblickt man die einschlägige Literatur zum Thema "Lärmeinwirkungen auf den Schlaf", so fällt auf, daß bisher nur wenige praxisbezogene Untersuchungen durchgeführt wurden, insbesondere solche Untersuchungen, die jenen Personenkreis berücksichtigen, der durch Schichtarbeit gezwungen ist, am Tag zu schlafen, an dem häufiger Lärmbelästigungen auftreten, als in der Nacht.

Im Januar 1974 wurde vom statistischen Bundesamt im Rahmen des Mikrozensus eine Befragung über die von Arbeitnehmern geleistete Nacht- und Sonn- bzw. Feiertagsarbeit mit einem Auswahlatz von 0.1 % der Bevölkerung durchgeführt. Dabei ergab sich, daß von den 21.8 Millionen abhängigen Erwerbstätigen im Januar 1972 rd. 3 Millionen (13.7 %) Nachtarbeit leisteten. Davon arbeiteten rd. 1.9 Millionen nachts in Schicht. Im Vergleich zu 1965 hat sich der Anteil der Arbeitnehmer mit Nacht- und/oder Sonn- bzw. Feiertagsarbeit an allen Arbeitnehmern von 1965 = 13.9 % auf 17.5 % im Jahre 1972 erhöht.

Neben zahlreichen organischen Beschwerden wie Müdigkeitsgefühl, Kopfschmerzen und Verdauungsbeschwerden klagen Nachtarbeiter hauptsächlich über Schlafstörungen. Bei einer Untersuchung von RUTENFRANZ (53) erklärten 80 - 90 % der Nachtarbeiter, sie hätten Schlafstörungen bei Tage.

Für diese Schlafstörungen wurden in erster Linie Lärmeinwirkungen verantwortlich gemacht; nach der Art des Lärms

befragt, nannten die betroffenen Personen an erster Stelle Straßenverkehrslärm und von Kindern verursachten Lärm.

Diese Gesichtspunkte waren bei der Versuchsplanung der vorliegenden Studie mit entscheidend.

Als Versuchspersonen wurden Krankenschwestern, Pfleger und im Krankenhaus tätige Ersatzdienstleistende ausgewählt, die im Abstand von etwa 1 1/2 Monaten Nachtdienst verrichteten und während der Dauer des Experiments ihrer beruflichen Tätigkeit nachgingen. Dadurch sollten einmal Lärmstörungen beim Tagschläfer mit objektiven und subjektiven Daten erfasst werden. Zum zweiten sollte die Störwirkung auf den Nachtschlaf mit der Wirkung auf den Tagschlaf am gleichen Probandenkollektiv verglichen werden.

1.2.1. Lärmauswahl

Für diesen Vergleich sollte der gleiche Verkehrslärm tags und nachts appliziert werden. Der Lärm sollte während der gesamten Registrierzeit möglichst gleichartig sein. Die Geräusche einzeln vorbeifahrender Fahrzeuge hätten, um einen exakten Vergleich zu ermöglichen, einerseits zum selben Zeitpunkt nach Einsetzen des Schlafes, andererseits im gleichen Schlafstadium dargeboten werden müssen.

Dennoch erschien es im Hinblick auf die Praxis wichtig, informationshaltigen Straßenlärm zu benutzen. Daher wurde der Lärm einer verkehrsreichen Straßenkreuzung ausgewählt. Somit war ein konstanter und gleichartiger Grundpegel gewährleistet, der durch die Umschaltungen der Verkehrsampel periodischen Schwankungen unterworfen war. Auf dem Hintergrund dieses Grundpegels konnten Einzelgeräusche als Lärmspitzen deutlich identifiziert werden.

Um die Frage des Lärmeffekts auf den Schlaf beurteilen zu können, war es notwendig, auch den ungestörten Nacht- bzw. Tagschlaf zu untersuchen. Dadurch wurde gleichzeitig der Vergleich zwischen dem ungestörten Tag- und Nachtschlaf ermöglicht. Zu diesem Problem liegen eine Reihe experimenteller Untersuchungen vor (4, 10, 34, 64, 62), u.a. auch aus dem Institut für Arbeitsphysiologie der TU München (19). Diese Studie wurde seinerzeit unter ungünstigen experimentellen Vorbedingungen ausgeführt, so daß diese Untersuchung sich auch zur Überprüfung der Ergebnisse der vorausgegangenen Experimente eignet.

2. Methodik

2.1. Auswahl der Versuchspersonen (Vpn)

Für diese Untersuchung war es notwendig, Vpn zu finden, die einer geregelten Arbeit nachgingen, dabei im Abstand von 4 - 6 Wochen mindestens 7 Tage hintereinander Nachtdienst verrichteten und während der Nachtarbeit nicht die Möglichkeit hatten, sich hinzulegen und sich auszu-ruhen. Es wurden 6 Krankenschwestern, 2 Krankenpfleger, 3 Ersatzdienstleistende und 1 Student im Nachtdienst im Alter von 21 - 26 Jahren ausgewählt (Durchschnittsalter 22.8 Jahre). Eine Untersuchung mittels Audiogramm ergab, daß keine der Vpn an einem pathologischen Gehörverlust litt. Alle Vpn waren grobklinisch gesund und gaben an, keine Schlafstörungen und "keine besondere Abneigung gegen Straßenlärm" zu haben. Keine Vp wohnte an einer verkehrsreichen Straße. Die Vpn wurden gebeten, in der Zeit vor Versuchsbeginn und während der Versuche ihren gewohnten Tag-Nacht-Rhythmus einzuhalten und nach Möglichkeit ungewöhnliche körperliche und seelische Belastungen zu meiden. Eventuelle Einnahme von Medikamenten sollte vorher mit dem Institut für Arbeitsphysiologie abgesprochen werden.

2.2. Versuchsanordnung

Die Vpn schliefen in einer vollklimatisierten und schallabgeschirmten Kammer. Die Wahl der Temperatur wurde jeder Vp selbst überlassen; sie wurde beim ersten Schlaflaboraufenthalt vorgewählt und für die weiteren Versuche konstant

belassen. Die Luftfeuchtigkeit wurde generell auf 50 % eingestellt. Die Ventilation der Schlafkammer verursachte einen konstanten niederfrequenten Geräuschpegel von 32 dB(A). Da die Schlafkammer nicht an die äußere Gebäudemauer angrenzte, konnte bei geschlossenen Fenstern Straßenlärm nicht in die Kammer dringen. Die Tagversuche wurden nur an Wochenenden durchgeführt, so daß nur freitags institutseigener Lärm Störungen verursachen konnte. Obwohl man versuchte, an diesen Tagen den Geräuschpegel möglichst niedrig zu halten, ließen sich Geh- und Sprechgeräusche nicht vermeiden. Die Schlafregistrierungen an den Freitagen dienten jedoch nur zur Eingewöhnung.

Um eine typische Laborsituation zu vermeiden, wurde das Inventar so ausgewählt, daß der Eindruck eines üblichen Schlafraumes entstand: Bilder an der Wand, Nachttisch, Bettvorleger. An technischem Gerät war lediglich eine Buchsenaufnahme vorhanden, die an der Wand am Kopfende des Bettes angebracht war und über die die Elektrodenleitungen nach draußen in den EEG-Raum führten. Für diejenigen Vpn, die nicht gewohnt waren, bei völliger Dunkelheit zu schlafen, war unter dem Bett ein schwaches mit Gleichstrom betriebenes Nachtlitc installiert, bei dem man die Helligkeit variieren konnte. Der Versuchsleiter war durch ein Telefon und eine Klingel für die Vp jederzeit erreichbar; beides war bequem vom Bett aus zu bedienen.

Elektroenzephalogramm (EEG), Elektromyogramm (EMG) und Elektrookulogramm (EOG) wurden nach der international standardisierten Methode von RECHTSCHAFFEN und KALES (52) abgeleitet:

1. EEG: jeweils 1 Elektrode parietal rechts und links
(C₄, C₃)
2. EOG: jeweils 1 Elektrode am äußeren rechten und
linken Augenwinkel

3. EMG: 2 Elektroden submental im Abstand von 2-3 cm
4. Referenzelektroden: jeweils 1 Elektrode mastoid
rechts und links
5. Erde: 1 Elektrode frontal Mitte

Die Registrierung erfolgte auf einem 8-Kanal-Elektroenzephalographen mit folgenden Ableitungen:

- Kanal 1 EEG: parietal links gegen mastoid rechts,
Zeitkonstante 0.3 sec, obere Grenzfrequenz 15,
Eichung 8 mm/50 μ V
- Kanal 2 EEG: parietal rechts gegen mastoid links,
Zeitkonstante 0.3 sec, obere Grenzfrequenz 15,
Eichung 8 mm/50 μ V
- Kanal 3 EEG: parietal rechts oder links gegen mastoid rechts
oder links, Zeitkonstante 0.3 sec, obere Grenzfrequenz 15, Eichung 8 mm/50 μ V
- Kanal 4 EOG: linker Augenwinkel gegen mastoid links,
Zeitkonstante 0.3 sec, obere Grenzfrequenz 15,
Eichung 8 mm/50 μ V
- Kanal 5 EOG: rechter Augenwinkel gegen mastoid links,
Zeitkonstante 0.3 sec, obere Grenzfrequenz 15,
Eichung 8 mm/50 μ V
die Elektroden der Augenwinkel waren gegeneinander
in der Höhe um ca. 1 cm versetzt
- Kanal 6 EMG: submental rechts gegen links,
Zeitkonstante 0.03 sec, obere Grenzfrequenz 70,
Eichung 10 mm/20 μ V

Für die beiden Parietalableitungen wurden Silberhütchenelektroden benutzt, die mit Kollodium auf der Kopfhaut befestigt wurden. Die Gesichtselektroden bestanden aus einer Polyäthylenfassung mit Silberplättchen und wurden mit Kleberingen an der Haut angebracht. Die Registriergeschwindigkeit betrug 10 mm/sec. Aufgezeichnet wurde während des gesamten Nacht- bzw. Tagschlafs auf EEG-Faltpapier.

2.3. Erläuterung der Lärmbedingungen

Wie schon anfangs dargelegt wurde, war die Fragestellung bei dieser Untersuchung auf eine Art von Lärm bezogen, der in seiner mittleren Intensität etwa konstant blieb und Informationsgehalt besaß. Die Applikation sollte während der gesamten Schlafzeit erfolgen. So wurde an einer verkehrsreichen Kreuzung Münchens (Ecke Menzinger Straße, Nördliche Auffahrtsallee) Straßenlärm aufgenommen. Die Aufnahmen erfolgten jeweils zu den Stoßzeiten insgesamt über 7 Stunden, wobei ein 3 1/2 Stunden-Tonband doppelseitig bespielt wurde.

Da im Institut für Arbeitsphysiologie mehrere schlafphysiologische Untersuchungen stattfanden und deshalb für dieses Experiment nur ein begrenzter Zeitraum zur Verfügung stand, konnte die "Lärmkonserve" vor Beginn der Schlafversuche nur nach subjektiven Kriterien hinsichtlich ihrer konstanten mittleren Intensität und Lautstärke beurteilt werden; Geräte zur objektiven Lärmanalyse standen zu dieser Zeit nicht zur Verfügung.

Mehrere Institutsangehörige fungierten bei der Einregulierung der Lautstärke als Testpersonen. Als Bedingung wurde festgelegt, daß die Lautstärke wie starker Straßenlärm hinter geschlossenen Fenstern empfunden werden sollte. Es wurde ein

bestimmter Lautstärkepegel eingestellt und die entsprechende Potentiometereinstellung am Verstärker genau fixiert und im Verlauf der Versuche nicht mehr geändert.

Die Lärmeinspielung erfolgte mit Hilfe einer 2 x 100 Watt Stereoverstärkeranlage durch die Wand der Schlafkammer. Tonbandgerät, Verstärker und Lautsprecherboxen waren im Nebenraum aufgebaut, wobei ebenfalls darauf geachtet wurde, daß die Boxen in ihrer Stellung unverändert blieben.

Die Einspielung begann im Lärmversuch immer bei "Licht aus" und dauerte die gesamte Schlafzeit an. Allerdings entstand nach 3 1/2 Stunden eine durch Bandwechsel bedingte Pause von höchstens 20 Sekunden. Schliefe eine Vp länger als 7 Stunden, so war ein weiterer Bandwechsel notwendig, und die A-Seite des Tonbandes wurde nochmals eingespielt.

Erst zu einem Zeitpunkt, als etwa die Hälfte der Versuche beendet war, gelang es, Geräte zur akustischen Untersuchung der "Lärmkonserve" auszuleihen. In der Schlafkammer wurde eine statistische Schallpegelanalyse mit dem gesamten Band und eine Oktavfilteranalyse einer ausgewählten 1/4 Stunde durchgeführt. Dazu dienten folgende Geräte der Firma BRÜEL & KJAER:

1 Pegelschreiber	Typ 2305
1 Mikrophonverstärker	Typ 2603
1 Pegelhäufigkeitszähler	Typ 4420
1 Frequenzfilter	Typ 1612
1 Mikrophon	Typ 2614

Der Pegelhäufigkeitszähler enthielt 12 Zählwerke, an denen die Häufigkeiten abzulesen waren, in denen der Schreibstift des Pegelschreibers in den zugeordneten Skalenabschnitten verharrte. Die Meßergebnisse gaben somit Aufschluß über die Summenhäufigkeit bzw. Häufigkeitsverteilung des Schallpegels.

Die Klassenbreite betrug für jedes Zählwerk 2.5 dB (A). Abgefragt wurde mit der maximalen Frequenz von 10/sec, so daß in dem gewählten Analysenintervall von 30 min die Stellung des Schreibzeigers 18000 mal abgefragt wurde. Der Mittelwert für jede halbe Stunde wurde durch Multiplikation der Häufigkeit jeder Klasse mit der mittleren Intensität der Klasse und Aufsummierung der Klassen berechnet; die Endsumme wurde durch 18000 dividiert.

$$\frac{\sum_{x=1}^i Z_x \cdot M_x}{\sum_{x=1}^i Z_x}$$

Z = Zählerstand

M = Mittlere Intensität der Klasse dB (A)

i = Anzahl der Zählwerke

Der Messung wurde die Bewertungskurve A zugrunde gelegt.

Für die aufeinander folgenden Intervalle von 30 min ergab sich folgende Verteilung:

1.	1/2 std.	65.38 dB (A)
2.	"	63.97 dB (A)
3.	"	63.92 dB (A)
4.	"	63.85 dB (A)
5.	"	63.71 dB (A)
6.	"	63.65 dB (A)
7.	"	63.44 dB (A)
8.	"	63.16 dB (A)
9.	"	62.86 dB (A)
10.	"	62.27 dB (A)
11.	"	62.24 dB (A)
12.	"	62.40 dB (A)

13.	1/2 std.	61.85 dB (A)
14.	"	61.94 dB (A)
	gesamt:	63.19 dB (A)

Die Oktavfilteranalyse einer ausgewählten 1/4 Stunde (in der 9. 1/2 Stunde) ergab folgende Werte:

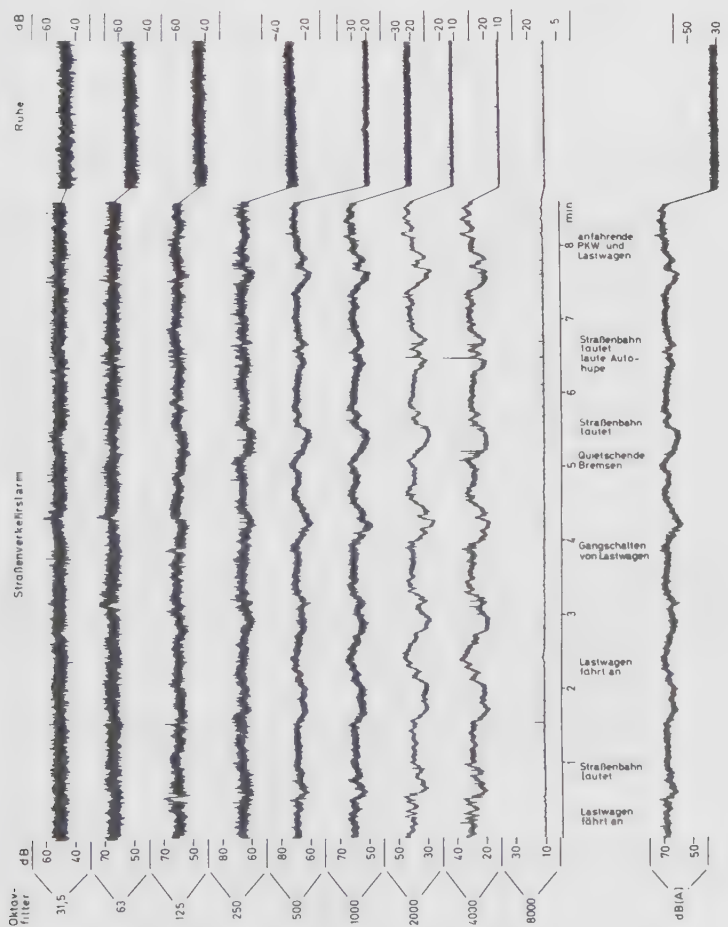
Filter	dB
31.5	51.24
63	64.64
125	60.45
250	65.46
500	67.04
1000	58.01
2000	37.00
4000	26.25
8000	7.97
dB (A)	62.96

Die untere Grenze des Lautstärkepegels lag bei 56, die Lärmspitzen erreichten 78 dB (A).

Wie aus der Abbildung 1 zu entnehmen ist, unterlag die Lärmeinspielung Schwankungen, wobei sich Stellen höherer und niederer Intensität periodisch abwechselten. Diese Schwankungen wurden durch das regelmäßige Umschalten der Verkehrsampeln verursacht.

Abb. 1

Schallpegelmessung mit Bewertungskurve A und Oktavfilteranalyse einer ausgewählten Stelle des Tonbandes mit Straßenverkehrslärm, typische Einzelgeräusche sind angegeben



2.4. Versuchsbedingungen

Jede Vp schlief 6 mal im Laboratorium

- davor 3 aufeinanderfolgende Nächte, während sie normalen Tagdienst verrichtete
- 3 aufeinanderfolgende Tage, während der Nachtschicht, beginnend am 4. Tag nach dem 1. Nachtdienst

Die Nachtregistrierung begann mit einer Eingewöhnungsnacht, um den first night effect (2) auszuschalten.

In der zweiten Nacht wurde unter Ruhebedingungen, in der dritten Nacht unter Lärmbedingungen registriert. Beim Tagversuch wurde ähnlich verfahren, allerdings wurde auch am ersten Tag aufgezeichnet, um einen möglichen first night effect beim Tagschlaf zu untersuchen.

7 Vpn absolvierten zuerst die Nachtschlafversuche, dann die Tagschlafversuche. Bei 5 Vpn wurde in umgekehrter Reihenfolge verfahren, wobei die Nachtschlafversuche frühestens 3 Wochen nach Ableistung des letzten Nachtdienstes begannen. Damit sollte ein möglicher Fehler kompensiert werden, der sich aus einer Adaption an das Laboratorium und an die Lärmeinspielung hätte ergeben können. Wegen unvorhergesehener Dienstplanänderung einer Vp war es nicht möglich, das ursprünglich geplante Verhältnis von 6:6 einzuhalten.

4 Tage vor Versuchsbeginn und während der Versuche füllten die Vpn Fragebögen nach folgenden Mustern aus:

Fragebogen Nr. 1

Tag-Nachtschlaf

(Unzutreffendes bitte streichen)

Bitte nur nach einem Laborschlaf mit Lärmeinspielung
ausfüllen

Name Vorname
Registrierbeginn am 1973 um Uhr

Zutreffendes bitte unterstreichen

1. Wie empfanden Sie den Lärm? unerträglich - sehr störend
- nicht störend - schlaffördernd
2. Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen?
schneller als gewöhnlich - unverändert - etwas verzögert
- Einschlafen fast unmöglich - Einschlafen unmöglich
3. Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Durchschlafen?
besser als ohne Lärm - keine Wirkung - leicht gestört -
erheblich gestört - kaum möglich - unmöglich
4. Haben Sie Einzelgeräusche besonders gestört, wenn ja,
welche? nein - ja, nämlich
5. Wie war der Lärm Ihrer Meinung nach während der gesamten
Registrierzeit?
 - etwa gleich laut mit kurzfristigen Schwankungen
 - wechselnd, d.h. mal längere Zeit (etwa 30 - 60 Minuten) laut, dazwischen ruhigere Abschnitte
 - zu Beginn lauter als nach einigen Stunden
 - zu Beginn leiser als nach einigen Stunden
 - kann ich beim besten Willen nicht sagen, da ich darauf nicht geachtet habe
6. Welches Eindruck hatten Sie?
 - a. - unnatürliche Lärmquelle, die einem echten Straßenlärm nur ungenügend gleichkommt

- fast natürlicher Straßenlärm; allerdings merkte man etwas, daß er vom Band abgespielt wurde
 - kein Unterschied zu natürlichem Straßenlärm
 - b. - Straßenlärm bei geschlossenem Fenster
 - Straßenlärm bei offenem Fenster
7. Nur am Ende der Untersuchungen nach der 2. Lärmeinspielung auszufüllen:
Die Lärmeinspielung war während des Tagschlafs im Labor
- sehr viel unangenehmer
 - etwas unangenehmer
 - gleich unangenehm
 - etwas weniger störend
 - sehr viel weniger störend
- als während des Nachtschlafs im Labor

Fragebogen Nr. 2

Fragebogen für den Versuchstag vom

Name Vorname

Bitte vor dem Schlafengehen ausfüllen

(Zutreffendes unterstreichen)

1. Haben Sie heute bzw. heute nacht Medikamente eingenommen?
ja - nein; wenn ja, welche? (mit Dosis- und Zeitangabe)
.
.
2. Genußmittel (möglichst mit Mengen- und Zeitangabe)
Nikotin
Kaffee

Tee

Alkohol

3. Wie fühlten Sie sich tagsüber bzw. während des Nachtdienstes?

a. sehr müde und abgeschlagen - etwas müder als gewöhnlich - so wie immer - weniger müde als gewöhnlich - außergewöhnlich frisch

b. sehr nervös - nervös - normal - eher ruhig gelassen - besonders ruhig und gelassen

4. Haben Sie zwischenzeitlich (tagsüber bzw. nachts) geschlafen?

ja - nein, wenn ja, von bis Uhr

5. Wie fühlen Sie sich jetzt vor dem Schlafengehen?

a. hundemüde - müde - etwas müde - noch wach - noch hellwach

b. besonders ruhig und ausgeglichen - eher ruhig entspannt - normal - eher nervös - abgespannt - sehr nervös und abgespannt

6. Wurden Sie heute bzw. heute nacht schneller müde als sonst?

ja - nein

7. Schlafengegangen um Uhr

Fragebogen Nr. 3

Bitte nach dem Schlaf ausfüllen, möglichst bald nach dem Aufwachen

Name Vorname

Schlaf vom 1973 Uhr bis zum 1973 . . Uhr

Zutreffendes bitte unterstreichen

1. Wie haben Sie geschlafen im Vergleich zu
 - a. Ihrem gewöhnlichen Nachtschlaf zu Hause?
viel besser - etwas besser - genau so gut - etwas schlechter - viel schlechter
 - b. Ihrem gewöhnlichen Tagschlaf zu Hause? (nur nach Nachtdienst ausfüllen)
viel schlechter - etwas schlechter - genau so gut - etwas besser - viel besser
 - c. Ihrem vorausgegangenen Nachtschlaf im Labor?
(nur nach Laborschlaf)
viel schlechter - etwas schlechter - genau so gut - etwas besser - viel besser
 - d. Ihrem vorausgegangenen Tagschlaf im Labor?
(nur nach Laborschlaf)
viel schlechter - etwas schlechter - genau so gut - etwas besser - viel besser
2. Wie fühlen Sie sich jetzt nach dem Erwachen im Vergleich zu
 - a. Ihrem gewöhnlichen Nachtschlaf zu Hause?
viel besser - etwas besser - genau so gut - etwas schlechter - viel schlechter
 - b. Ihrem gewöhnlichen Tagschlaf zu Hause? (nur nach Nachtschicht ausfüllen)
viel schlechter - etwas schlechter - genau so gut - etwas besser - viel besser
 - c. der vorletzten Schlafregistrierung? (nur nach Laborschlaf ausfüllen)
viel schlechter - etwas schlechter - genau so gut - etwas besser - viel besser
3. Wie lange haben Sie vor dem Einschlafen schätzungsweise wachgelegen?

- bin sofort eingeschlafen - noch ungefähr . . . Minuten
sehr lange, noch etwa . . . Stunden - weiß nicht
4. Sind Sie kurz nach dem Einschlafen wieder wachgeworden,
d.h. ist Ihr Einschlafen unterbrochen worden?
ja - nein - weiß nicht
wenn ja, wie oft? etwa mal
5. Wie oft wurden Sie wach
etwa mal - weiß nicht
- 5a. Hatten Sie Schwierigkeiten mit dem Wiedereinschlafen?
ja - nein
- 5b. Wie lange lagen Sie wach?
nur kurz - länger - sehr lange, etwa weiß nicht
- 6a. Haben Sie geträumt?
ja, etwa mal - nein - weiß nicht
- 6b. Sind Sie während oder durch das Träumen aufgewacht?
ja, mal - nein - weiß nicht
- 6c. Können Sie sich an die Träume erinnern?
sehr genau - deutlich - nur undeutlich - kaum - nein
- 6d. Wie waren die Träume?
angenehm - aufregend - beängstigend - schrecklich -
bedeutsam - neutral - weiß nicht (evtl. mehreres unter-
streichen)
- 7a. Wann sind Sie schließlich aufgewacht?
um Uhr
- 7b. Sind Sie gleich aufgestanden?
ja - nein, bin noch etwa . . . Minuten liegengeblieben
- 7c. Er wachten Sie spontan?
ja - nein
Wenn nicht, wodurch wurden Sie geweckt?
.

Die folgenden Fragen brauchen von jeder Versuchsperson während der Versuchsserie nur einmal ausgefüllt zu werden.

8. Schlafen Sie zu Hause gewöhnlich allein?
ja - nein, mit Personen zusammen im Zimmer
9. Welchen Lärmbelästigungen sind Sie während des Nacht-schlafs ausgesetzt?
 - a. abends: sehr ruhig - ruhig - gelegentlich Störungen
- laut - sehr laut
 - b. nachts: sehr ruhig - ruhig - gelegentlich Störungen
- laut - sehr laut
 - c. morgens: sehr ruhig - ruhig-gelegentlich Störungen -
laut - sehr laut
10. Welchen Lärmbelästigungen sind Sie während des Tag-schlafs nach Nachtschicht ausgesetzt?
 - a. gelegentlich, nämlich von bis Uhr
sehr ruhig - ruhig - nur gelegentlich
Störungen - laut - sehr laut
 - b. sonst oder ständig:
sehr ruhig - ruhig - nur gelegentlich
Störungen - laut - sehr laut
11. Welcher Art Lärm ist der Lärm während des Tagschlafs?
Verkehrslärm - hausintern (Sprechen, Laufen, Küchenge-räusche) - Gewerbebetrieb - Schule -
12. Welcher Art ist der Lärm während des Nachtschlafs?
Verkehrslärm - Gaststätte - Gewerbebetrieb - hausintern
-
13. Dunkelheit während des Nachtschlafs?
vollständige - gute - mäßige - keine Abschirmung des
Tageslichts
14. Dunkelheit während des Tagschlafs?
vollständige - gute - mäßige - keine Abschirmung des
Tageslichts

Die Vpn wurden etwa 45 Minuten vor ihrer normalen Schlafenszeit ins Laboratorium gebeten. Die Vorbereitungen wie Anlegen der Elektroden und Ausfüllen der Fragebögen nahmen diese Zeit in Anspruch. Das Licht wurde sofort gelöscht, nachdem sich die Vpn ins Bett gelegt hatten.

Die EEG-Registrierung begann nach den Widerstandsmessungen, also 3-4 Minuten, nach dem Löschen des Lichtes, dauerte die gesamte Schlafzeit an, und endete, wenn die Vp entweder geweckt wurde oder spontan erwachte und sich per Telefon oder Klingel mit dem Versuchsleiter in Verbindung setzte.

2.5. Auswertungsmethode

Die Hirnstromkurven wurden visuell in Intervallen von 30 sec ausgewertet. Bei einem Papiervorschub von 10 mm/sec entsprach das der Länge eines Faltblattes des verwendeten EEG-Papiers. Unterschieden wurden 6 verschiedene Schlafstadien nach RECHTSCHAFFEN und KALES:

- Stadium W (0): Das EEG enthält α -Aktivität und/oder flache Wellen gemischter Frequenz ohne schnelle Augenbewegungen (REMs), langsame Augenbewegungen treten häufig auf
- Stadium 1: Einschlafstadium, relativ flache Wellen unterschiedlicher Frequenz ohne schnelle Augenbewegungen, langsame Augenbewegungen treten häufig auf
- Stadium 2: leichter Normalschlaf, charakterisiert durch Schlafspindeln mit einer Frequenz von 12-14 Hz und K-Komplexen auf dem Hintergrund von flachen Wellen gemischter Frequenz
- Stadium 3: mittelschwerer Normalschlaf, langsame Wellen mit einer Frequenz von 2/sec und einer Ampli-

tude von mindestens 75 μ V und einem Anteil von mindestens 20 % und weniger als 50 % in einem festgelegten Analysenintervall

Stadium 4: tiefer Normalschlaf, langsame hohe, sogenannte Delta-Wellen wie in Stadium 3, doch mit einem Anteil von über 50 %

Stadium REM: Traumschlaf, EEG-Aktivität ähnlich Stadium 1, mit Salven schneller Augenbewegungen und Abnahme des Muskeltonus

Movementtime: Perioden, in denen eine Auswertung nicht möglich ist, aufgrund von Muskelartefakten und Übersteuerung des Verstärkers, hervorgerufen durch eine Bewegung der Vp
(MT)

Perioden, in denen aus technischen Gründen keine Aufzeichnung möglich war, wurden in die Auswertung als Registrierdefizit aufgenommen (Recording Deficit).

Solche Registrierpausen entstanden z.B. bei Farbpapierwechsel des Elektroenzephalographen oder wenn eine Vp die Toilette aufsuchte. Bei Schlafstadienwechsel ging immer dasjenige Stadium in die Auswertung ein, das einen Anteil von über 50 % im Analysenintervall hatte. Insgesamt 8 verschiedene Kriterien wurden in der entsprechenden Reihenfolge auf Lochkarten übertragen:

- 0 für Wachzustand
- 1 für Stadium 1
- 2 für Stadium 2
- 3 für Stadium 3
- 4 für Stadium 4
- 5 für Stadium REM
- 6 für MT (Movementtime)
- 7 für RD (Registrierdefizit)

Sogenannte direkte EEG-Antworten wurden nicht berücksichtigt (z.B. eine Auszählung von K-Komplexen oder Auftreten von Alpha-Rhythmus).

Die Auswertung endete bei jeder Vp beim ersten Auftreten von Stadium W = 0, vorausgesetzt, die Vp schlief danach nicht mehr ein. Ferner wurde die Dauer der einzelnen Schlafzyklen berechnet. Ein Zyklus war definiert als Schlafdauer vom Ende einer REM-Phase bis zum Ende der folgenden REM-Phase. Der 1. Zyklus begann jeweils mit dem 1. Auftreten von Stadium 2 bis zum Ende der ersten REM-Phase. Kurze Unterbrechungen des REM-Stadiums hatten auf die Berechnung der Zyklendauer keinen Einfluß. Bei der Darstellung der Schlaftiefenkurven, die später noch eingehender besprochen werden, wurde wegen der übersichtlicheren Darstellungsweise der 1. Zyklus von Registrierbeginn an gezeichnet.

Dem Rechner TR 440 wurden somit Schlafstadienfolgen in 1/2 Minuten Intervallen, Schlafzyklen und Gesamtschlafdauer aus je 5 Registrierungen von 12 Vpn zugeführt:

Bedingung 1:	2. Nacht, ungestört
" 2:	3. Nacht, Lärm
" 3:	1. Tag, ungestört
" 4:	2. Tag, ungestört
" 5:	3. Tag, Lärm

Die eingegebenen Daten wurden einmal mit statistischen Methoden geprüft. Zum anderen wurden zur anschaulichen Darstellung Plotterzeichnungen angefertigt.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe von 2 Tests: dem T-Test und, nachdem keine Prüfung auf Normalverteilung der Ausgangsdaten vorgenommen wurde, dessen parameterfreiem Pendant, dem Wilcoxon-Test. Beide Tests prüfen die Unterschiede zwischen den Mittelwerten von Parallelstichproben. Die angegebenen Signifikanzstufen entsprechen in dieser Un-

tersuchung grundsätzlich einer zweiseitigen Fragestellung. Wenn bei einer Beurteilung eine einseitige Prüfung angebracht erscheint, wird dies ausdrücklich erwähnt. Das Signifikanzniveau entspricht in diesem Fall dem halben Wert der Wahrscheinlichkeit des zweiseitigen Tests.

Die statistischen Prüfungen erfolgten in zwei Versionen. Einmal bezogen sich die Berechnungen auf die gesamte Registrierzeit, bei der zweiten Version wurde die primäre Wach- und Einschlafphase ausgeklammert, um einen unmittelbaren Vergleich des Schlafablaufs zweier Bedingungen zu ermöglichen. Als Schlafbeginn wurde das erste Auftreten von Stadium 2 definiert. Da besonders durch Lärm eine Beeinflussung der primären Wach- und Einschlafphase nicht auszuschließen war, hätte eine dadurch bedingte zeitliche Verschiebung der Schlaf-tiefenkurven gegeneinander etwaige Unterschiede verdecken können.

Weiter wurden Mittelwerte, Mittelwertsdifferenzen und Irrtumswahrscheinlichkeiten von Schlafdauer, sämtlichen Schlafstadien und anderen Parametern auch für jede Stunde und längere Zeitabschnitte einzeln berechnet. Da aber die kürzeste Schlafzeit beim Tagschlaf weniger als 4 Stunden dauerte, konnten nur folgende Intervalle einzeln berechnet werden: 1., 2. und 3. Stunde dazu 1. - 2. und 1. - 3. Stunde.

Neben der Statistik wurden Plotterzeichnungen angefertigt. Von jeder Versuchsperson wurden 5 Schlaftiefenkurven und zum Vergleich der einzelnen Bedingungen Summenkurven erstellt, die im Folgenden genauer erläutert werden.

2.5.1. Schlafstiefenkurven

Die Abbildungen 2 - 13 zeigen die Schlafstiefenkurven der 12 Vpn bei den 5 Registrierungen. Die Ordinate gibt jeweils die Schlafstadien 0 - 4 und MT (= Movementtime) an. Auf der Abszisse ist die Schlafdauer in Stunden aufgetragen. Körperbewegungen sind durch senkrechte Striche auf der Abszisse markiert. Abszissenverdickungen bedeuten Aufzeichnungsunterbrechungen (RD = Recording Deficit). Verdickungen der Schlafstiefenkurven auf dem Niveau von Stadium 1 symbolisieren die REM-Phasen mit Salven schneller Augenbewegungen. Die Werte über den Kurven geben die Dauer der einzelnen Schlafzyklen in Minuten an. Auf der linken Seite der Abbildung ist die Dauer von sämtlichen Schlafstadien, MT und RD und deren prozentuale Aufteilung graphisch dargestellt.

2.5.2. Summenkurven

Bei den Abbildungen 14 - 27 handelt es sich um Computerübersichtszeichnungen, auf denen die Daten aller Vpn zusammengefaßt sind. Diese Summenkurven wurden aus Gründen der übersichtlicheren Darstellbarkeit mit übergreifender Fünfermittelung geglättet. Sämtliche Beurteilungskriterien, die in die Auswertung eingingen, wurden dargestellt:

TSR = (total sleep recording) gesamte registrierte Zeit einer Versuchsbedingung, diese Kurve weist während ihres waagerechten Verlaufs Einschnitte auf und fällt gegen Ende stufenförmig ab. Diese Einschnitte sind durch Registrierausfälle verursacht. Der stufenförmige Abfall kennzeichnet die unterschiedliche Schlafdauer in den Versuchsnächten bzw. -tagen

- 0 = Darstellung des Häufigkeitsverlaufs des Stadiums 0 (= W)
- 1 = Darstellung des Häufigkeitsverlaufs des Stadiums 1
- 2 = Darstellung des Häufigkeitsverlaufs des Stadiums 2
- 3 = Darstellung des Häufigkeitsverlaufs des Stadiums 3
- 4 = Darstellung des Häufigkeitsverlaufs des Stadiums 4
- REM = Darstellung des Häufigkeitsverlaufs des Stadiums REM
- MT = Darstellung des Häufigkeitsverlaufs von Movement Time
- Die Gesamtheit dieser Stadien entspricht TSR.
- RD = (recording deficit) Registriererausfälle
- CSS = (changes of sleep stages) Als weiterer Parameter wurde auch die Häufigkeit der Schlafstadienwechsel dargestellt.
- 1 + 2 = Diese Kurven kennzeichnen den Verlauf der adaptierten leichten (1 + 2) und tiefen (3 + 4) Stadien.
- (3 + 4)

Die Ordinate gibt die relative Häufigkeit, die Abszisse die Zeit in Stunden an. Ein beliebiger Punkt einer Kurve entspricht also der relativen Häufigkeit einer Größe zu einer bestimmten Zeit.

Jeweils 2 Versuchsbedingungen sind übereinander projiziert und durch dünne und verdickte Linien zu unterscheiden.

Rechts außen auf den Abszissen befinden sich Prozentangaben mit Blockdarstellung, die sich immer auf TSR einer Versuchsbedingung beziehen. Diese als Referenzwert gesetzte Bedingung ist durch verdickte Linien dargestellt.

2.5.3. Tabellen

Die Tabellen 1 - 3 enthalten Mittelwerte und Mittelwertsdifferenzen zweier zu vergleichender Versuchsbedingungen in Minuten. Wenn der an zweiter Stelle aufgeführte Mittelwert größer als der erste ist, erhält die entsprechende Differenz ein negatives Vorzeichen. $p(T)$ ist die Irrtumswahrscheinlichkeit, die mit dem T-Test berechnet wurde. $p(W)$ bedeutet das Signifikanzniveau nach Wilcoxon.

Die Zahlenangaben beziehen sich entweder auf die gesamte Registrierzeit oder auf die reine Schlafzeit, d.h. die primäre Wach- und Einschlafphase ist ausgeklammert. Als Beginn der Schlafzeit wurde das 1. Auftreten von Stadium 2 definiert.

3. Ergebnisse

3.1. Demonstration der Schlafstiefenkurven der 12 Versuchspersonen unter den 5 verschiedenen Bedingungen

3.1.1. Vp Nr. 1

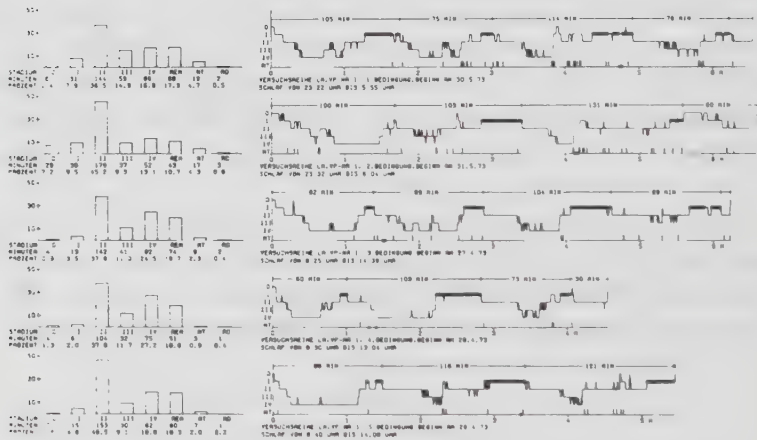


Abb. 2

Schlafstiefenkurven der 5 Registrierungen einer 21-jährigen Krankenschwester (Vp Nr. 1). (Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Diese Vp zeigt ein normales Schlafverhalten unter Ruhebedingungen beim Nachtschlaf (Bed. 1). Im Lärmversuch nachts sind die Stadien 0 und 1 leicht erhöht, bedingt durch ein leicht verzögertes Einschlafen. Die Anteile der Stadien 3, 4 und REM sind vermindert, gleichzeitig ist der Anteil von Stadium 2 erhöht. Es ergibt sich also eine Schlafverflachung mit einer Verlängerung der Zyklendauer.

Beim ungestörten Tagschlaf fällt im Vergleich zum natürlichen Nachtschlaf eine starke prozentuale Zunahme des Stadiums 4 und eine Reduzierung der Motilität auf. Trotz drastisch verkürzter Schlafzeit zeigt sich eine Zunahme des Stadiums 4 von 66 auf 75 Minuten. Die Zyklen sind verkürzt. Bei Lärm läßt sich auch tags eine Tiefschlafreduktion mit Vermehrung des Leichtschlafs erkennen. Die Einschlafdauer bleibt unbeeinflusst. Die Dauer der Zyklen verlängert sich wiederum unter Lärmeinfluß.

Die Verteilung der Schlafstadien bei Bedingung 3 und 4 unterscheidet sich nicht wesentlich; es zeigen sich hier also keine first night effects.

Diese Vp machte nach den Lärmeinspielungen folgende Angaben: Sie empfand den Lärm beim Nachtschlaf als "sehr störend", beim Tagschlaf als "nicht störend".

Auf die Fragen "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?" machte sie wiederum abweichende Angaben. Beim Nachtschlaf antwortete sie mit "etwas verzögert" bzw. "erheblich gestört", beim Tagschlaf "unverändert" bzw. "keine Wirkung".

3.1.2. Vp Nr. 2 (s. Abb. 3, S. 37)

Bei dieser Vp lassen sich beim gestörten Nachtschlaf außer der Tiefschlafreduktion keine Störeffekte erkennen. Das Einschlafen ist nicht verzögert, die Schlafdauer ist verlängert. Der Tagschlaf ist wesentlich stärker gestört. Man erkennt eine drastische Verminderung der Stadien REM und 4. Auffallend ist die Erhöhung der Stadien 0 und 1; der Einschlafprozeß ist erheblich verzögert. Die subjektiven Angaben entsprechen diesen Befunden. Der Lärm wurde nachts und tags als "sehr störend" empfunden. Auf die Frage "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?" gab die Vp beim Tagschlaf "Einschlafen fast unmöglich" bzw. "erheblich gestört", beim Nachtschlaf "etwas verzögert" bzw. "erheblich gestört" an.

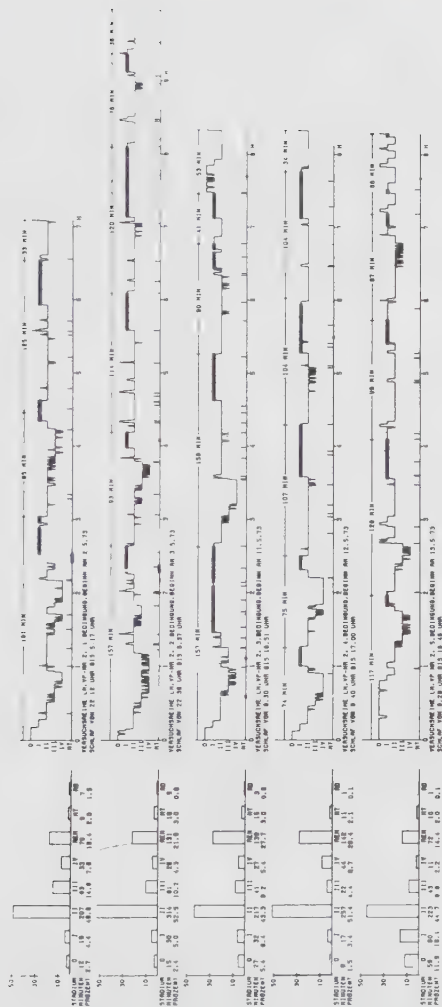


Abb. 3

Schlafftiefenkurven der 5 Registrierungen
einer 26-jährigen Krankenschwester (Vp Nr. 2).
(Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

3.1.3. Vp Nr. 3

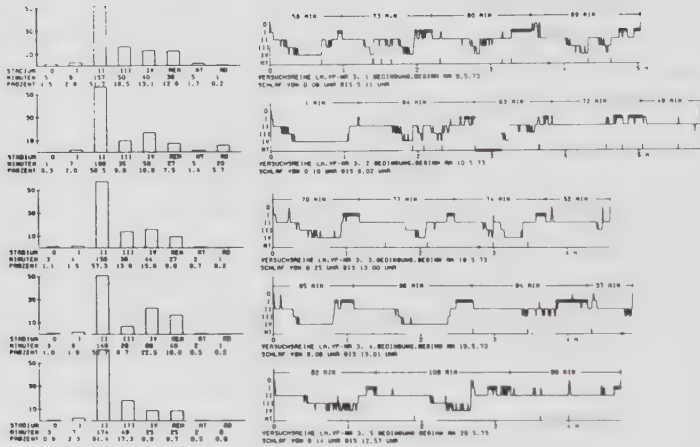


Abb. 4

Schlaftiefenkurven der 5 Registrierungen
einer 22-jährigen Krankenschwester (Vp Nr. 3).
(Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Bei Vp 3 sieht man nachts praktisch keine Störwirkungen. Bei Bedingung 3 deutet sich ein first night effect an, der sich im Vergleich zum nächsten Laboratoriumsschlaf als Reduktion der Stadien 4 und REM äußert. Die Motilität ist beim Tagsschlaf um etwa 50 % vermindert. Beim gestörten Tagsschlaf sind wieder die Stadien 4 und REM sehr deutlich verringert. Besonders auffallend sind bei dieser Vp: kurze Schlafdauer, kurze

Schlafzyklen und sehr niedriger REM-Anteil.
 Subjektiv hatte der Lärm fast keine Wirkung. "Nicht störend" gab die Vp nach der Lärmapplikation beim Tag- und Nachtschlaf an. "Unverändert" bzw. "leicht gestört" antwortete sie beim Tagschlaf auf die Frage "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?". Beim Nachtschlaf: "Unverändert" bzw. "keine Wirkung".

3.1.4. Vp Nr. 4

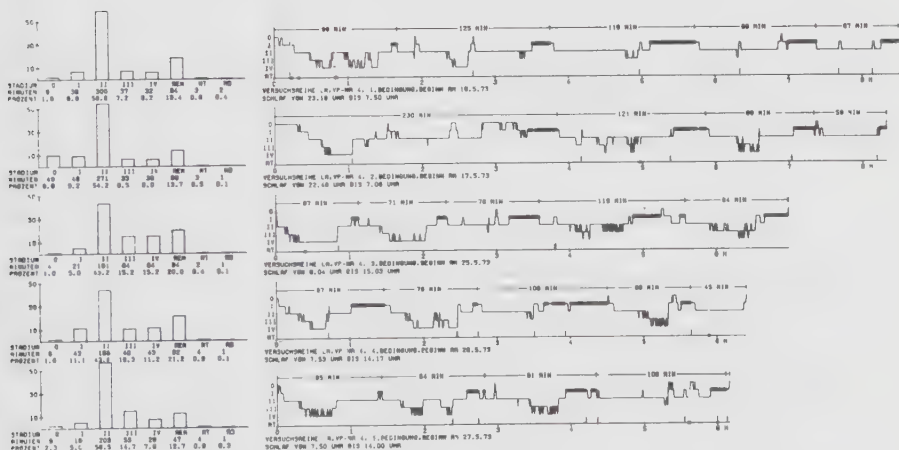


Abb. 5
 Schlaftiefenkurven der 5 Registrierungen eines
 21-jährigen Ersatzdienstleistenden (Vp Nr. 4).
 (Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Lärm verzögert anscheinend bei dieser Vp nachts den Einschlafprozeß und verringert den REM-Anteil. Dagegen zeigt sich beim Tagschlaf das Einschlafen nicht gestört; es werden hauptsächlich die Stadien 4 und REM beeinflusst. Bei dieser Vp ist kein first night effect zu erkennen. Vp Nr. 4 bezeichnet den Lärm nachts als "sehr störend", tags als "nicht störend". Entsprechend äußerte sich diese Vp auf die Frage "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?"; "Einschlafen fast unmöglich" bzw. "keine Wirkung" gab sie beim Nachtschlaf an, "unverändert" bzw. "keine Wirkung" beim Tagschlaf.

3.1.5. Vp Nr. 5

Bei Bedingung 5 (lärmgestörter Tagschlaf) ist die "Schlafverflachung" besonders deutlich: Stadium 4 wird nicht mehr erreicht.

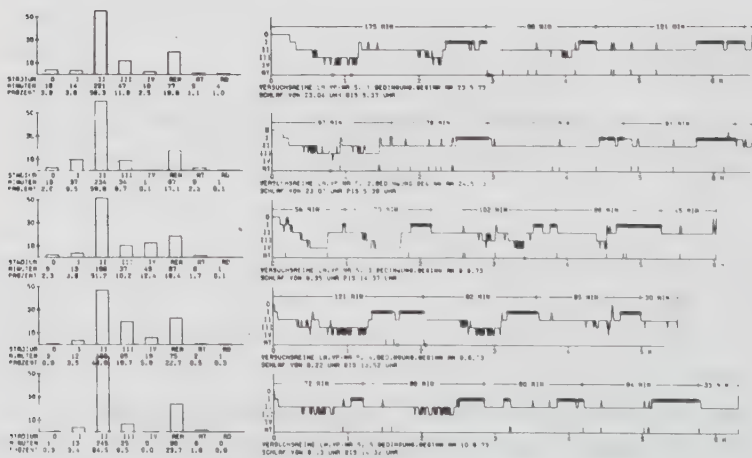


Abb. 6

Schlafstiefenkurven der 5 Registrierungen einer 21-jährigen Krankenschwester (Vp Nr. 5). (Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Die subjektiven Angaben unterscheiden sich nicht beim Nacht- und Tagschlaf: diese Vp empfand den Lärm als "nicht störend" und auf die Fragen "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?" antwortete sie "unverändert" bzw. "keine Wirkung".

3.1.6. Vp Nr. 6

Lärm reduziert bei Vp Nr. 6 den ohnehin geringen Anteil der Stadien 3 und 4 merklich. Der Traumschlaf ist bei den Bedingungen 2 und 5 ebenfalls reduziert, tags mehr als nachts. Das Einschlafen geht tags ebenfalls langsamer vor sich.

Die subjektiven Angaben weichen voneinander ab: Der Lärm sei nachts "sehr störend", tags "unerträglich" gewesen. Das Einschlafen bzw. Durchschlafen sei durch nächtlichen Lärm "unverändert" bzw. "erheblich gestört", durch Taglärm "etwas verzögert" bzw. "erheblich gestört" gewesen.

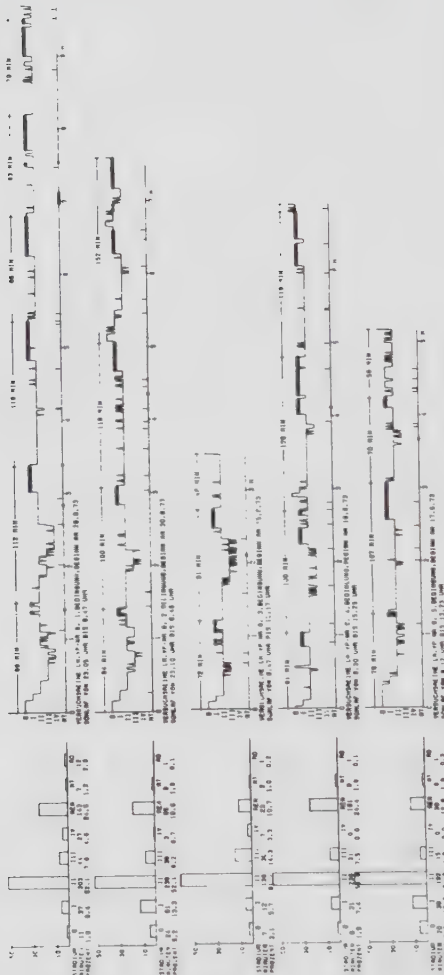


Abb. 7
Schlafstiefenkurven der 5 Registrierungen
eines 25-jährigen Medizinstudenten (Vp Nr. 6).
(Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?" machte sie unterschiedliche Angaben. Tags sei das Einschlafen bzw. Durchschlafen "unverändert" bzw. "leicht gestört" gewesen. Beim Nachtschlaf gab sie an: "etwas verzögert" bzw. "erheblich gestört".

3.1.8. Vp Nr. 8

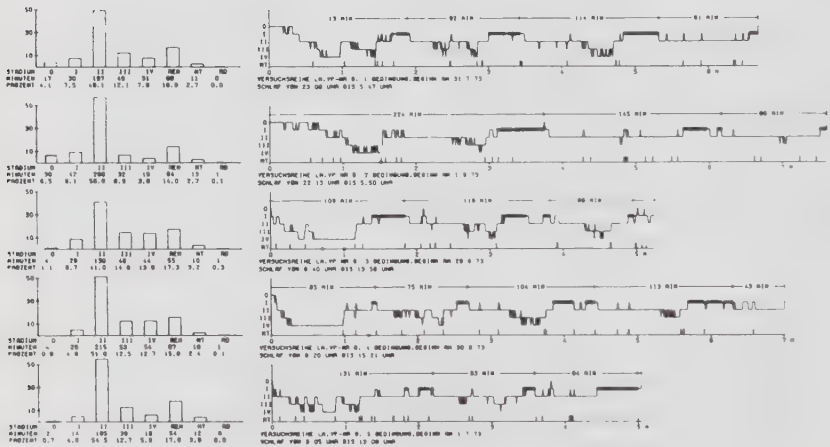


Abb. 9

Schlafstiefenkurven der 5 Registrierungen eines 22-jährigen Ersatzdienstleistenden (Vp Nr. 8). (Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Auch bei Vp Nr. 8 ist der Tiefschlaf in den Lärmversuchen drastisch reduziert. Auffallend sind bei Bedingung 4 die verkürzten Zyklen im Vergleich zu Bedingung 1. Unter Lärmeinfluß sind die beiden ersten Zyklen wieder verlängert. Das Einschlafen ist durch Lärm nachts wesentlich stärker verzögert als beim Tagschlaf.

Die subjektiven Angaben lauten entsprechend. Nach dem gestörten Tagschlaf antwortete die Vp auf die Fragen "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?" mit "etwas verzögert" bzw. "keine Wirkung", nach dem gestörten Nachtschlaf mit "Einschlafen fast unmöglich" bzw. "erheblich gestört". Außerdem sei der Lärm während des Tagschlafs "sehr störend", während des Nachtschlafs "unerträglich" gewesen.

3.1.9. Vp Nr. 9

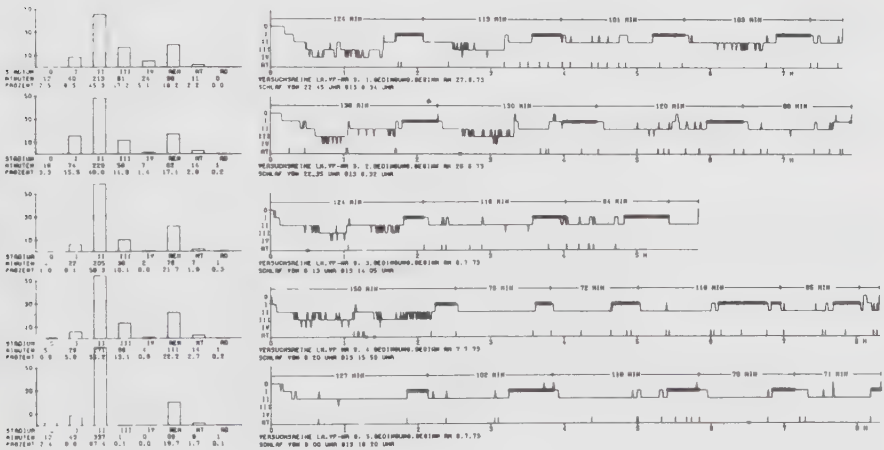


Abb. 10
Schlaftiefenkurven der 5 Registrierungen eines
24-jährigen Ersatzdienstleistenden (Vp Nr. 9).
(Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Bei Vp Nr. 9 imponiert beim lärmgestörten Tagschlaf ein fast vollständiges Verschwinden des Tiefschlafs (Stadium 3 dauert eine Minute). Stadium 2 hat einen Anteil von 67 % der gesamten Schlafdauer. Beim lärmgestörten Nachtschlaf zeigt sich eine deutliche Erhöhung von Stadium 1. Die Reduktion des Tiefschlafs geht also hier nicht mit einer Erhöhung des Stadiums 2 einher. Das Einschlafen zeigt sich beim Lärmversuch nachts nicht, tags nur gering verzögert. Die subjektiven Angaben bestätigen diesen Befund nicht. Beide Male empfand diese Vp den Lärm "sehr störend". Das Einschlafen sei jedoch beim Tagschlaf "unverändert", beim Nachtschlaf "etwas verzögert" gewesen. Das Durchschlafen sei bei beiden Versuchen "leicht gestört" gewesen.

3.1.10. Vp Nr. 10

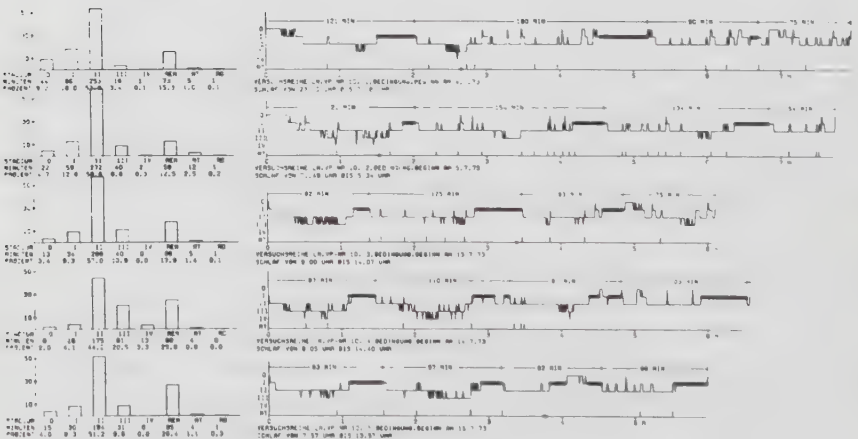


Abb. 11

Schlafstiefenkurven der 5 Registrierungen
einer 24-jährigen Krankenschwester (Vp Nr. 10).
(Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Bei Vp Nr. 10 erkennt man beim Nachtschlaf mit Lärmapplikation keine Störwirkungen, da bereits unter Ruhebedingungen kaum Tiefschlaf vorhanden ist und die Anzahl interponierter Wachphasen verhältnismäßig hoch ist. Beim Tagschlaf zeigen sich deutliche first night effects, die, abgesehen von der Verminderung des REM-Schlafes, etwa gleiches Ausmaß wie die Störeffekte bei Bed. 5 erreichen. Weiter fällt bei dieser Vp auf, daß tags bei allen Bedingungen die ersten beiden Zyklen kürzer sind als beim Nachtschlaf.

Diese Vp empfand den Lärm tags und nachts "nicht störend". Auf die Frage "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?", wurde beim Nachtschlaf "etwas verzögert" bzw. "leicht gestört" angegeben, beim Tagschlaf antwortete sie mit "unverändert" bzw. "keine Wirkung".

3.1.11. Vp Nr. 11

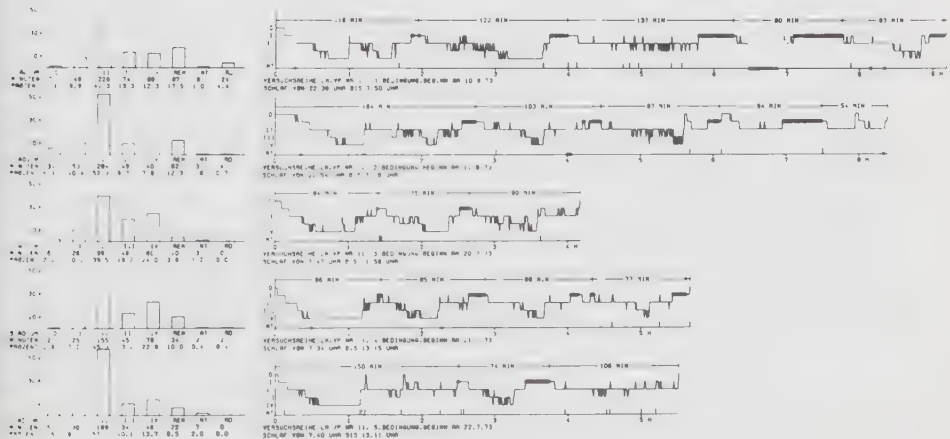


Abb. 12

Schlafstiefenkurven der 5 Registrierungen einer 22-jährigen Krankenschwester (Vp Nr. 11).
(Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

Bei dieser Vp ergeben sich bei Bed. 2 und 5 ähnliche Befunde: Die Stadien 3, 4 und REM sind stark reduziert.

Die Vp bezeichnete den Lärm durchwegs als "sehr störend". Das Einschlafen sei nachts und tags "etwas verzögert" gewesen. Das Durchschlafen sei beim Tagschlaf "leicht gestört" gewesen, sei jedoch nachts nicht beeinflusst worden.

3.1.12. Vp Nr. 12 (s. Abb. 13, S. 49)

Beim lärmgestörten Nachtschlaf sind auch bei dieser Vp die Stadien 3, 4 und REM verringert. Auffallend ist der extrem lange 1. Schlafzyklus (262 min). Der Beginn der ersten REM-Phase ist damit drastisch verzögert. Etwa nach einer Stunde setzen mehrere Stadienwechsel ein, gleichzeitig häufen sich die Körperbewegungen. Diese Phänomene dauern etwa 1 1/2 Stunden an, bis die Vp wieder in Tiefschlaf fällt. Unter normalen Umständen wäre die erste REM-Phase in diesem Zeitraum zu erwarten gewesen. Beim gestörten Tagschlaf sind keinerlei Anzeichen einer Störwirkung zu erkennen. Die Anteile der Stadien 3, 4 und REM sind sogar erhöht.

Diese Vp gibt an, sie hätte den Lärm bei beiden Versuchen "nicht störend" empfunden. Die Frage "Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr Einschlafen bzw. Durchschlafen?" beantwortete die Vp nach dem Nachtschlaf mit "etwas verzögert" bzw. "keine Wirkung". Beim Tagschlaf jedoch sei das Einschlafen "unverändert" und das Durchschlafen "besser als ohne Lärm" gewesen.

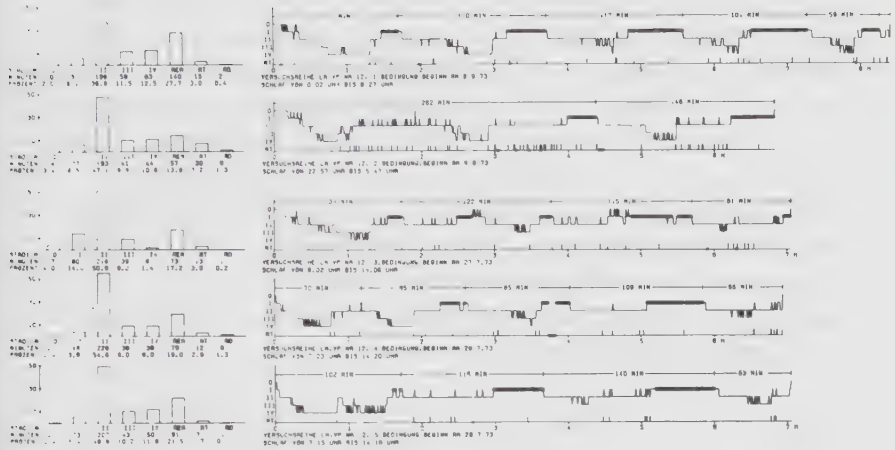


Abb. 13
Schlaftiefenkurven der 5 Registrierungen
eines 21-jährigen Krankenpflegers (Vp Nr. 12).
(Erläuterung siehe Methodik Seite 31)

3.2. Lärmwirkung auf den Nachtschlaf

(Vergleich Bed. 1 gegen Bed. 2)

3.2.1. Einschlafdauer und interponierte Wachphasen

Der statistische Mittelwertsvergleich der Stadien 0 (= W) und 1 zwischen beiden Bedingungen in den ersten 60 Minuten ab Registrierbeginn ergibt keine signifikanten Unterschiede. Beim ungestörten Nachtschlaf dauert Stadium 0 durchschnittlich 12 Minuten, beim gestörten Schlaf 15 Minuten. Stadium 1 erhöht sich entsprechend um 2 Minuten (Bed. 1 = 8 min, Bed. 2 = 10 min). Demzufolge bewirkt die Stimulation keine Verzögerung des Einschlafens.

Abbildung 14 zeigt die Häufigkeit der Stadien 0 und 1 ab Registrierbeginn. Man erkennt, daß die Kurven bei den Versuchsbedingungen, besonders auffällig in der ersten Stunde, etwa den gleichen Verlauf haben.



Abb. 14

Relative Häufigkeit der Stadien 0 und 1 als Funktion der Zeit (in Std) ab Registrierbeginn

verdickte Kurven: ungestörter Nachtschlaf (Bed. 1)

dünne Kurven: gestörter Nachtschlaf (Bed. 2)

rechts daneben jeweils der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf (Bed. 1 = 100)

(weitere Erläuterung der Kurven: siehe Methodik Seite 31)

Um die interponierten Wachphasen zu berechnen, wurde der Einschlafprozeß ausgeklammert. Daraus geht hervor, daß Stadium 0 bei Bedingung 1 im Mittel 3 Minuten, bei Bedingung 2 durchschnittlich 8 Minuten dauert. Der Unterschied ist nicht signifikant. Es ergeben sich jedoch signifikante Unterschiede, wenn man die addierten Stadien 0 + 1 bei beiden Versuchsbedingungen vergleicht. Tabelle 1 C gibt einen Überblick der in diesem Zusammenhang angestellten Berechnungen.

TABELLE 1 C: Anzahl und mittlere Dauer der Perioden (in min) des Stadiums 0 und der addierten Stadien 0 + 1 beim ungestörten Nachtschlaf (Bed. 1) und beim gestörten Nachtschlaf (Bed. 2), mit Signifikanzstufen, ab Schlafbeginn.

Stadium 0,	Bed. 1	Bed. 2	p
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	0.5	1.1	0.10
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	0.3	1.8 min n.s.	
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	2.6	4.3	n.s.
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	3.2	8.0 min n.s.	
Stadium 0 + 1,			
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	4.1	7.9	<u>0.02</u>
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	6.4	10.8 min <u>0.05</u>	

<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	20.3	26.7	<u>0.02</u>
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	31.8	46.6 min	0.10

Es zeigt sich also bei Bedingung 2 eine Erhöhung der Anzahl der interponierten Perioden der Stadien 0 + 1 in den ersten 180 Minuten und während der gesamten Schlafzeit.

3.2.2. Schlafdauer

Die mittlere Schlafdauer (ohne Einschlafphase) beträgt beim ungestörten Schlaf 7 Stunden und 6 Minuten, beim gestörten Schlaf 7 Stunden und 12 Minuten. Dabei wurden 3 Vpn bei beiden Versuchsbedingungen geweckt. 2 Vpn wurden in den Kontrollnächten geweckt und erwachten in den Versuchsnächten spontan. 1 Vp erwachte in der Kontrollnacht spontan und wurde in der Versuchsnacht geweckt. 6 Vpn erwachten bei beiden Bedingungen spontan. Damit hat die Lärmstimulation beim Nachtschlaf keinen vorzeitigen Schlafabbruch zur Folge.

3.2.3. Schlafstadien

Die Lärmeinspielung beeinflusst in erster Linie die Tiefschlafstadien 3 + 4. Die 12 Vpn verbringen durchschnittlich beim ungestörten Schlaf 86 Minuten in den Stadien 3 + 4. Lärm vermindert diese Stadien auf 65 Minuten. Diese Tiefschlafreduktion ist hochsignifikant ($p < 0.01$). Es lassen

sich beim ungestörten Nachtschlaf, wie in Abbildung 15 veranschaulicht wird, 2 Tiefschlafgipfel darstellen, wobei der 2. Gipfel weniger deutlich in Erscheinung tritt. Es handelt sich dabei um die Anteile der ersten beiden Schlafzyklen. Man erkennt, daß unter Lärmeinfluß die Verminderung der Stadien 3 + 4 erst im zweiten Zyklus beginnt. Der erste Zyklus ist von der Tiefschlafreduktion nicht merklich betroffen. Dieser Befund kann durch statistische Prüfung erhärtet werden.

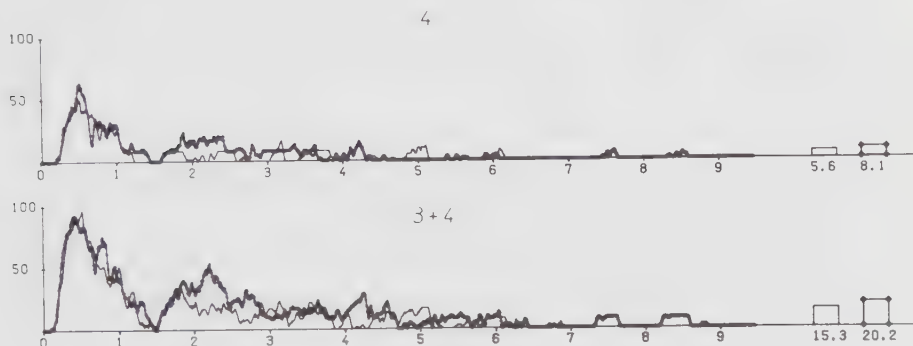


Abb. 15

Relative Häufigkeit der Schlafstadien 3 + 4 und 4 als Funktion der Zeit (in Std) ab Schlafbeginn

verdickte Kurven: ungestörter Nachtschlaf (Bed. 1)

dünne Kurven: gestörter Nachtschlaf (Bed. 2)

jeweils rechts daneben der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf (Bed. 1 = 100)

(nähere Erläuterung der Kurven: siehe Methodik Seite 31)

Wie aus Tabelle 1 A ersichtlich ist, ergibt der statistische Vergleich der Mittelwerte in den ersten 3 Stunden nach Schlafbeginn (Schlafbeginn, definiert als erstes Auftreten

von Stadium 2), daß die Stadien 3 + 4 beim gestörten Schlaf erst in der 3. Stunde signifikant vermindert sind. Die Mittelwerte in den ersten beiden Stunden lassen keine signifikanten Unterschiede erkennen. Dementsprechend zeigen sich auch keine Unterschiede hinsichtlich der Zeitspanne, die im Mittel benötigt wird, um die Stadien 3 bzw. 4 zu erreichen. Stadium 3 wird bei Bedingung 1 nach 15 Minuten, bei Bedingung 2 nach 13 Minuten erreicht. Die Latenzzeit von Stadium 4 beträgt bei Bedingung 1 29 Minuten, bei Bedingung 2 23 Minuten. Die Störeffekte treten damit erst mit fortschreitender Schlafdauer deutlich in Erscheinung.

TABELLE 1 A

Mittelwerte, Mittelwertsdifferenzen (in min) und Signifikanzstufen bei Bedingung 1 und Bedingung 2

(Schlafzeit, Erläuterung siehe Methodik Seite 32)

		M 1	M 2	M1 - M2	p
STADIUM II	1. STUNDE	24.9	25.6	-0.71	n.s.
	2. STUNDE	30.6	37.9	-7.29	<u>0.01</u>
	3. STUNDE	28.4	29.6	-1.21	n.s.
	GESAMTNACHT	214.2	239.8	-25.63	0.10
	1.-2. STUNDE	55.5	63.5	-8.00	<u>0.01</u>
	1.-3. STUNDE	83.9	93.1	-9.21	0.10
STADIUM III	1. STUNDE	16.9	15.8	1.17	n.s.
	2. STUNDE	7.7	8.6	-0.92	n.s.
	3. STUNDE	10.2	6.5	3.63	<u>0.05</u>
	GESAMTNACHT	51.5	41.2	10.38	<u>0.05</u>
	1.-2. STUNDE	24.6	24.3	0.25	n.s.
	1.-3. STUNDE	34.8	30.9	3.88	n.s.

	M 1	M 2	M1-M2	p
STADIUM IV	1. STUNDE	15.8	14.5	1.25 n.s.
	2. STUNDE	5.6	2.9	2.75 n.s.
	3. STUNDE	6.9	1.8	5.13 <u>0.02</u>
	GESAMTNACHT	34.5	24.0	10.50 <u>0.02</u>
	1.-2. STUNDE	21.4	17.4	4.00 n.s.
	1.-3. STUNDE	28.3	19.2	9.13 <u>0.05</u>

Mit der Verringerung der Stadien 3 und 4 unter Lärmeinwirkung geht eine Erhöhung des Anteils der Stadien 1 und 2 einher. Die Vpn verbringen beim natürlichen Nachtschlaf nach dem Einschlafen im Mittel 27 Minuten in Stadium 1. Unter Lärm erhöht sich die Dauer dieses Stadiums auf durchschnittlich 37 Minuten (ns = nicht signifikant). Gleichermäßen wird Stadium 2 von 214 auf 240 Minuten verlängert (ns). Vergleicht man jedoch die addierten Stadien 1 und 2 bei beiden Versuchsbedingungen, erreicht der Unterschied Signifikanz ($p < 0.05$).

Tabelle 1 B zeigt, daß sich die Vpn bei Lärmstimulation durchschnittlich 36 Minuten länger in den Stadien 1 und 2 befinden. Wie aus dieser Tabelle weiter zu entnehmen ist, ergeben sich auch Unterschiede bei der Analyse kleinerer Zeitabschnitte. Die Stadien 1 und 2 sind unter Lärm in den ersten 3 Stunden signifikant erhöht.

Bei Stadium REM ergibt sich eine Verminderung von 20.2 % beim ungestörten Schlaf auf 16.5 % beim gestörten Schlaf, die jedoch nicht signifikant ist. Wie Abbildung 16 zeigt, ist das erste gehäufte Auftreten des REM-Schlafes beim Schlaf unter Ruhebedingungen zeitlich versetzt.

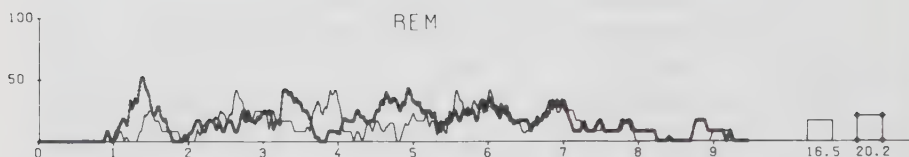


Abb. 16

Relative Häufigkeit des Stadiums REM als Funktion der Zeit (in Std) ab Schlafbeginn

verdickte Kurven: ungestörter Nachtschlaf (Bed. 1)

dünne Kurven: gestörter Nachtschlaf (Bed. 2)

rechts daneben der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf
(Bed. 1 = 100)

(nähere Erläuterung der Kurven siehe Methodik Seite 31)

Lärm bewirkt also eine Verzögerung des Beginns der ersten REM-Phase. Bei Bedingung 1 beginnt die erste Phase durchschnittlich nach 81 Minuten, bei Bedingung 2 nach 111 Minuten. Diese unterschiedliche REM-Latenz konnte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05 bei einseitiger Prüfung gesichert werden. Dieser Befund wird außerdem durch gesonderte Gegenüberstellung der ersten 3 Stunden bekräftigt. Wie Tabelle 1 B u.a. zeigt, ist in der zweiten Stunde der REM-Anteil beim gestörten Nachtschlaf signifikant vermindert.

Ebenso ist aus dieser Tabelle ersichtlich, daß die Analyse der Körperbewegungen einen Anstieg unter Lärmeinfluß von 1.9 auf 2.7 % ($p < 0.05$) der gesamten Nacht ergibt. Ein Unterschied ist auch in dem Zeitabschnitt 1. - 2. Stunde zu erkennen.

TABELLE 1 B

Mittelwerte, Mittelwertsdifferenzen (in min) und Signifikanzstufen von Bedingung 1 und Bedingung 2 (ges. Registrierzeit)
(Erläuterung: siehe Methodik Seite 32)

		M 1	M 2	M1-M2	p (T)	p (W)
STADIUM 3 + 4	1. STUNDE	22.2	19.5	2.75	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	19.5	18.0	1.58	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	18.6	10.0	8.58	<u>0.005</u>	0.02
	GESAMTNACHT	86.1	65.2	20.88	<u>0.01</u>	0.01
	1.-2. STUNDE	41.8	37.4	4.33	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	60.3	47.4	12.92	<u>0.02</u>	0.05
STADIUM 1 + 2	1. STUNDE	24.8	24.8	0.04	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	30.3	37.5	-7.21	0.10	0.10
	3. STUNDE	31.0	36.8	-5.79	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	249.0	285.0	-36.04	<u>0.05</u>	0.05
	1.-2. STUNDE	55.1	62.3	-7.17	<u>0.05</u>	0.05
	1.-3. STUNDE	86.2	99.1	-12.96	<u>0.01</u>	0.02
STADIUM REM	1. STUNDE	0.3	0.0	0.29	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	9.0	2.4	6.58	<u>0.02</u>	0.01
	3. STUNDE	8.3	9.0	-0.71	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	86.2	70.3	15.83	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	9.3	2.4	6.88	<u>0.02</u>	0.01
	1.-3. STUNDE	17.5	11.4	6.17	n.s.	n.s.
MOVEMENT TIME	1. STUNDE	0.3	0.7	-0.42	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	1.0	1.8	-0.87	0.10	0.05
	3. STUNDE	1.2	1.2	0.00	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	8.3	11.5	-3.21	<u>0.05</u>	0.05
	1.-2. STUNDE	1.3	2.5	-1.29	<u>0.05</u>	0.02
	1.-3. STUNDE	2.4	3.7	-1.29	0.10	0.10
TSR	GESAMTNACHT	445.1	455.4	-10.25	n.s.	n.s.

3.2.4. Schlafstadienwechsel und Schlafzyklen

Die Stadien wechseln unter Ruhebedingungen im Mittel 79 mal, unter Lärmeinwirkung durchschnittlich 84 mal während der gesamten Registrierzeit. Damit ändern sich die Stadien bei beiden Versuchsbedingungen stündlich 10 - 11 mal. Dieser Parameter, der auch in der Abbildung 17 dargestellt ist (CSS), gibt keinen Hinweis auf einen Störeffekt.

Die Schlafzyklen wurden, wie bereits erwähnt, unter Ausklammerung der primären Wach- und Einschlaphase berechnet. Außerdem wurden nur vollständige Zyklen berücksichtigt. Die mittlere Zyklendauer beträgt beim natürlichen Nachtschlaf 102 Minuten, beim lärmgestörten Schlaf 116 Minuten (ns). Der gesonderte Vergleich der einzelnen Zyklen mit den dazugehörigen REM-Perioden wird in Tabelle 1 D dargestellt.

TABELLE 1 D: Mittlere Dauer der Schlafzyklen und REM-Perioden beim ungestörten Nachtschlaf (Bed. 1) und beim gestörten Nachtschlaf (Bed. 2), mit Signifikanzniveau.

	Bed. 1	Bed. 2	p
1. Zyklus	100.1 min	126.1 min	n.s.
2. Zyklus	109.6 min	116.8 min	n.s.
3. Zyklus	112.5 min	108.5 min	n.s.
4. Zyklus	93.6 min	91.5 min	n.s.
mittlere Zyklendauer	102.4 min	116.2 min	n.s.
REM-Periode im 1. Zyklus	16.1 min	14.0 min	n.s.
REM-Periode im 2. Zyklus	19.2 min	22.9 min	n.s.
REM-Periode im 3. Zyklus	25.9 min	16.4 min	0.10
REM-Periode im 4. Zyklus	25.4 min	19.9 min	n.s.

Da nicht bei allen Schlafversuchen ein kompletter 3. bzw. 4. Zyklus durchlaufen wurde, wurden die Berechnungen beim 3. Zyklus mit 11, beim 4. Zyklus mit 5 Vergleichspaaren durchgeführt.

Beim Nachtschlaf kann somit keine Beeinflussung des zyklischen Schlafablaufs durch Lärm festgestellt werden.

Abbildung 17 zeigt den Vergleich beider Versuchsbedingungen im Überblick.

Abb. 17
Übersichtszeichnung mit Darstellung aller Stadien, TSR (Gesamtschlafdauer) MT (Körperbewegungen), RD (Registrierdefizit) und CSS (Schlafstadienwechsel)

Ordinaten: relative Häufigkeit

Abszissen: Schlafzeit in Std, ab Schlafbeginn

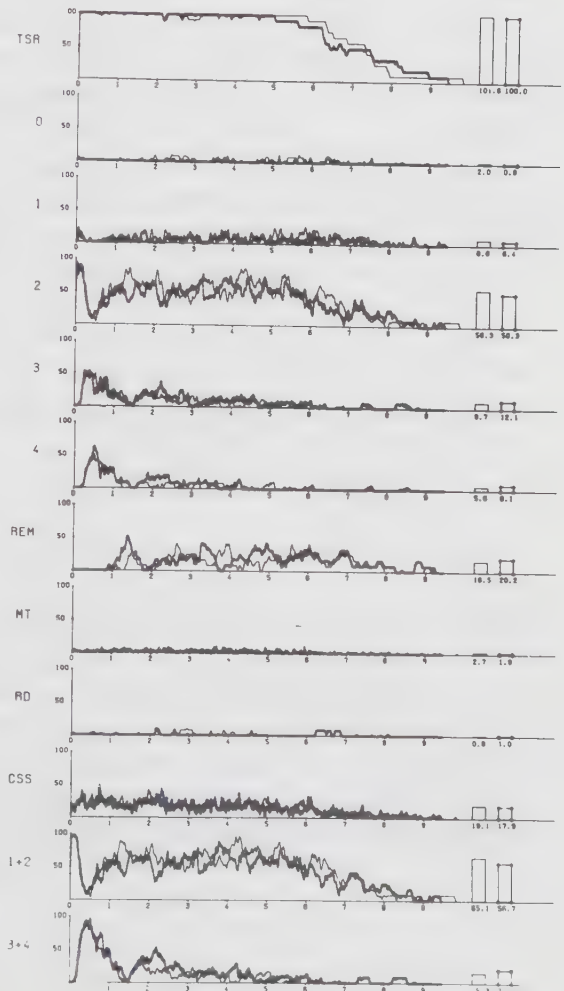
verdickte Kurven:

Bed. 1

dünne Kurven:

Bed. 2

rechts daneben jeweils der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf (Bed. 1 = 100) (nähere Erläuterung: siehe Methodik Seite 31)



Die mit TSR bezeichnete Kurve, die mit dem ersten Auftreten von Stadium 2 beginnt, und sämtliche Stadien einschließlich MT enthält, verläuft bei beiden Versuchsbedingungen etwa gleich. Man erkennt daran, daß Lärm keine Verkürzung der Schlafdauer zur Folge hat.

An den Kurven des Leichtschlafs (Stadium 2 bzw. 1 + 2) wird deutlich, daß beim lärmgestörten Schlaf der relative Häufigkeitsanstieg dieser Stadien in der zweiten Stunde mit einer relativen Vermehrung des Stadiums REM beim ungestörten Schlaf korreliert. Weiter ist ersichtlich, daß besonders in der zweiten und dritten Stunde auch das Tiefschlafdefizit bei Bedingung 2 mit einem Anstieg der leichten Schlafstadien einhergeht.

Um eine mögliche Verfälschung der Ergebnisse durch Registriererausfälle zu erfassen, ist auch das Registrierdefizit (RD) dargestellt; doch können die Aufzeichnungsunterbrechungen dieser Größenordnung (1 %) vernachlässigt werden.

3.3. Lärmwirkung auf den Tagschlaf nach Nachtschicht

(Vergleich Bed. 4 gegen Bed. 5)

3.3.1. Einschlafdauer und interponierte Wachphasen

Die mittlere Dauer des Wachstadiums (Stadium 0) und des Einschlafstadiums (Stadium 1) in den ersten 60 Minuten ab Registrierbeginn zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Versuchsbedingungen. Beim Schlaf ohne Lärmstimulation dauert das Wachstadium durchschnittlich 3, das Ein-

schlafstadium durchschnittlich 5 Minuten in der ersten Stunde. Bei Lärm erhöhte sich das Stadium 0 auf 7, das Stadium 1 auf 6 Minuten. Lärm bewirkt also auch beim Tagschlaf keine Verzögerung des Einschlafens. In der Abbildung 18 sind die Vergleichskurven der relativen Häufigkeit dieser Stadien dargestellt.



Abb. 18

Relative Häufigkeit der Stadien 0 und 1 als Funktion der Zeit (in Std) ab Registrierbeginn

verdickte Kurven: ungestörter Tagschlaf (Bed. 4)

dünne Kurven: gestörter Tagschlaf (Bed. 5)

rechts daneben jeweils der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf (Bed. 4 = 100)

(nähere Erläuterung der Kurven siehe Methodik Seite 31)

Der steile Abfall der Häufigkeitskurven beider Stadien nach Registrierbeginn (verdickte Kurven) demonstriert, daß der Einschlafprozeß beim ungestörten Tagschlaf sehr schnell abläuft. Beim Lärmversuch ist die Häufigkeitskurve beim Stadium 0 etwas nach rechts verschoben; die Kurve von Stadium 1 verläuft in der ersten Stunde bei beiden Versuchsbedingungen fast gleich.

Der Vergleich der interponierten Wachphasen, d.h. die Gegenüberstellung der Anteile von Stadium 0 bzw. der Stadien 0 + 1

zwischen dem ersten Auftreten von Stadium 2 und Schlafende, ergibt keinerlei Hinweis auf Störeffekte. Im Mittel dauert Stadium 0 bei Bedingung 4 2.4, bei Bedingung 5 3.5 Minuten. Auch die addierten Stadien 1 + 2 lassen im Gegensatz zum Nachtschlaf keine signifikanten Unterschiede erkennen: 22 Minuten ohne Störung und 29 Minuten bei Lärm (ns). Tabelle 2 A zeigt die Berechnungen im Überblick.

TABELLE 2 A: Anzahl und mittlere Dauer der Perioden (in min) des Stadiums 0 und der addierten Stadien 0 + 1 beim ungestörten Tagschlaf (Bed. 4) und beim gestörten Tagschlaf (Bed. 5), mit Signifikanzstufen, ab Schlafbeginn

Stadium 0,	Bed. 4	Bed. 5	p
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	0.4	0.7	n.s.
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	0.8 min	0.7 min	n.s.
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	1.8	2.6	n.s.
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	2.4 min	3.5 min	n.s.
Stadium 0 + 1,			
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	5.0	5.2	n.s.
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	6.6 min	6.8 min	n.s.

TABELLE 2 A Fortsetzung

<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	15.7	16.8	n.s.
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	22.0 min	29.2 min	n.s.

3.3.2. Schlafdauer

Die Vpn schlafen tags ohne Lärm durchschnittlich 6 Stunden 25 Minuten. Beim lärmgestörten Schlaf läßt sich ein Mittelwert von 6 Stunden und 4 Minuten errechnen. Der Unterschied ist nicht signifikant. Bei den Tagschlafversuchen wurde keine der Vpn vorzeitig geweckt. Damit zeigt sich auch beim Tagschlaf keine schlafverkürzende Wirkung des Lärms.

3.3.3. Schlafstadien

Die Lärmapplikation zeigt auch beim Tagschlaf nach Nachtschicht ihre deutlichsten Wirkungen im Bereich des Tiefschlafs. Doch ist hier hauptsächlich das Stadium 4 betroffen. Der sog. Deltaschlaf ist von 36 Minuten bei Ruhe auf 20 Minuten bei Lärm reduziert ($p < 0.01$). Stadium 3 wurde entsprechend von 46 auf 34 Minuten vermindert. Jedoch ist dieser Unterschied nicht signifikant (siehe auch die Tabellen 2 B und 2 C).

Abbildung 19 demonstriert die Lärmeffekte auf den Tiefschlaf.

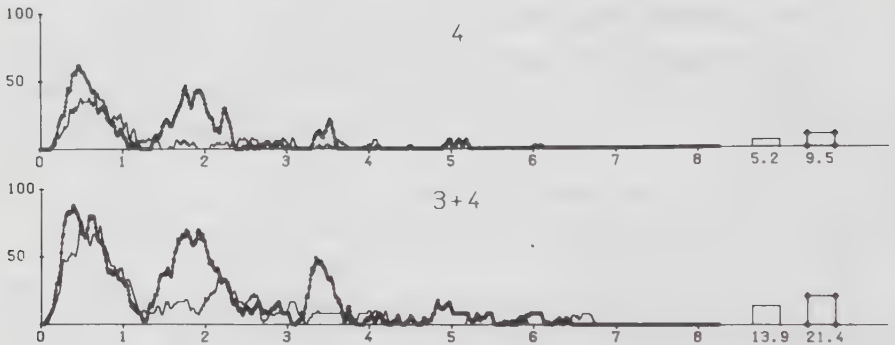


Abb. 19

Relative Häufigkeit der addierten Schlafstadien 3 + 4
und des Stadiums 4 als Funktion der Zeit (in Std) ab
Schlafbeginn

verdickte Kurven: ungestörter Tagschlaf (Bed. 4

dünne Kurven: gestörter Tagschlaf (Bed. 5)

jeweils rechts daneben der prozentuale Anteil am Gesamt-
schlaf (Bed. 4 = 100)

(nähere Erläuterung der Kurven: siehe Methodik Seite 31)

Man erkennt, daß die beiden ersten Häufigkeitsspitzen von Stadium 4 hinsichtlich ihrer Amplitude bereits abweichen. Da sich beim ungestörten Tagschlaf noch ein sehr deutlicher zweiter Deltaschlafgipfel darstellen läßt, ist die drastische Verminderung dieses Stadiums unter Lärmeinfluß im zweiten Schlafzyklus besonders gut zu demonstrieren. Ebenso deutlich ist an den Kurven der addierten Stadien 3 + 4 zu sehen, daß das Defizit des Tiefschlafs erst im Bereich der zweiten Stun-

de deutlich zu werden beginnt. Die Störeffekte des Lärms scheinen demnach mit fortschreitender Schlafdauer an Ausmaß zuzunehmen. Im Bereich der vierten Stunde zeigt sich an den Häufigkeitskurven der addierten Tiefschlafstadien eine drastische Reduzierung dieser Stadien beim lärmgestörten Schlaf, wobei hauptsächlich Stadium 3 betroffen ist. Jedoch ist der Gesamtanteil dieses Stadiums nur von 11.9 % auf 8.7 % gesenkt.

Wie aus Tabelle 2 B zu entnehmen ist, ergeben auch die statistischen Prüfungen, daß die Anteile von Stadium 4 in der zweiten und dritten Stunde beim lärmgestörten Schlaf signifikant vermindert sind.

TABELLE 2 B

Mittelwerte, Mittelwertsdifferenzen (in min) und Signifikanzstufen bei Bedingung 4 und Bedingung 5 (Schlafzeit, Erläuterung: siehe Methodik Seite 32.)

		M 4	M 2	M4-M5	p
STADIUM II	1. STUNDE	23.3	31.4	-8.08	n.s.
	2. STUNDE	26.0	40.1	-14.13	<u>0.01</u>
	3. STUNDE	30.0	34.5	-4.46	n.s.
	GESAMTNACHT	191.2	211.2	-20.00	n.s.
	1.-2. STUNDE	49.3	71.5	-22.21	<u>0.005</u>
	1.-3. STUNDE	79.3	106.0	-26.67	<u>0.005</u>
STADIUM III	1. STUNDE	13.8	12.8	0.96	n.s.
	2. STUNDE	11.4	5.6	5.79	0.10
	3. STUNDE	7.0	8.4	-1.42	n.s.
	GESAMTNACHT	45.9	33.7	12.25	n.s.
	1.-2. STUNDE	25.2	18.4	6.75	n.s.
	1.-3. STUNDE	32.2	26.8	5.33	n.s.

TABELLE 2 B Fortsetzung

STADIUM IV	1. STUNDE	17.0	13.5	3.50	n.s.
	2. STUNDE	11.2	3.1	8.13	<u>0.05</u>
	3. STUNDE	5.1	2.1	2.96	<u>0.02</u>
	GESAMTNACHT	36.4	20.0	16.38	<u>0.01</u>
	1.-2. STUNDE	28.2	16.6	11.63	<u>0.02</u>
	1.-3. STUNDE	33.3	18.7	14.58	<u>0.01</u>

Die Reduktion des REM-Schlafes, die sich beim lärmgestörten Nachtschlaf nur andeutet, erreicht beim Vergleich zwischen gestörtem und ungestörtem Tagschlaf statistische Signifikanz. Wie aus Abbildung 20 ersichtlich ist, wird der Anteil dieses Stadiums von 21.6 % auf 16.5 % vermindert. Diese Abbildung zeigt außerdem, daß die erste Häufigkeitsspitze bei Bedingung 4 früher auftritt.

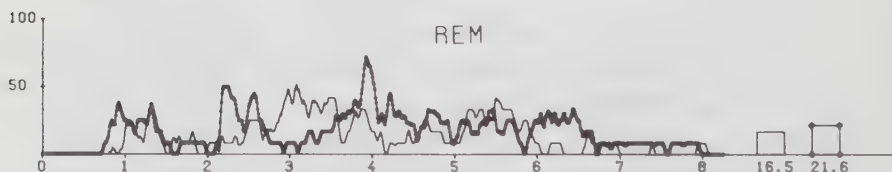


Abb. 20

Relative Häufigkeit des Stadiums REM als Funktion der Zeit (in Std) ab Schlafbeginn

verdickte Kurven: ungestörter Tagschlaf (Bed. 4)

dünne Kurven: gestörter Tagschlaf (Bed. 5)

jeweils rechts daneben der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf (Bed. 4 = 100)

(nähere Erläuterung der Kurven: siehe Methodik Seite 31)

Dieser unterschiedliche Kurvenverlauf gegen Ende der ersten Stunde läßt erkennen, daß der Eintritt in die erste REM-Phase durch Lärm verzögert wird. Bei Bedingung 4 beginnt das Stadium, das von Salven schneller Augenbewegungen begleitet ist, durchschnittlich nach 67 Minuten. Bei der 5. Versuchsbedingung verlängert sich die mittlere Dauer der REM-Latenz auf 80 Minuten. Bei einseitiger Prüfung wurde $p < 0.05$ berechnet. Außerdem ist beim Vergleich beider Bedingungen unter Ausklammerung der primären Wach- und Einschlafphase eine signifikante REM-Reduktion in der ersten Stunde bei Bedingung 5 zu beobachten, die mit $p < 0.05$ gesichert werden kann.

TABELLE 2 C

Mittelwerte, Mittelwertsdifferenzen (in min) und Signifikanzstufen bei Bedingung 4 und Bedingung 5 (ges. Registrierzeit) (Erläuterung siehe Methodik Seite 32)

		M 4	M 5	M4-M5	p (T)	p (W)
	1. STUNDE	29.4	21.4	8.04	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	19.8	11.4	8.42	0.10	0.10
STADIUM	3. STUNDE	15.5	12.0	3.54	n.s.	n.s.
3 + 4	GESAMTNACHT	82.3	53.7	28.63	<u>0.005</u>	0.01
	1.-2. STUNDE	49.2	32.8	16.46	<u>0.05</u>	0.05
	1.-3. STUNDE	64.8	44.8	20.00	<u>0.05</u>	0.05
	1. STUNDE	25.7	30.6	-4.96	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	29.2	40.1	-10.92	<u>0.05</u>	0.05
STADIUM	3. STUNDE	29.5	38.3	-8.83	<u>0.01</u>	0.01
1 + 2	GESAMTNACHT	213.9	240.9	-26.96	0.10	0.10
	1.-2. STUNDE	54.8	70.7	-15.88	<u>0.05</u>	0.05
	1.-3. STUNDE	84.3	109.0	-24.71	<u>0.01</u>	0.01

TABELLE 2 C Fortsetzung

STADIUM REM	1. STUNDE	1.8	0.0	1.75	0.10	0.01
	2. STUNDE	10.0	7.4	2.67	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	13.5	7.9	5.58	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	83.3	63.7	19.58	<u>0.05</u>	0.05
	1.-2. STUNDE	11.8	7.4	4.42	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	25.3	15.3	10.00	<u>0.005</u>	0.01
MOVEMENT TIME	1. STUNDE	0.3	0.6	-0.29	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	0.8	1.0	-0.21	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	1.1	1.2	-0.13	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	6.4	7.0	-0.58	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	1.1	1.6	-0.50	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	2.2	2.8	-0.63	n.s.	n.s.
TSR	GESAMTNACHT	391.0	376.6	14.42	n.s.	n.s.

Die Lärmstimulation hat bei diesem Stadium nicht nur einen verzögerten Beginn zur Folge, sondern verursacht auch eine signifikante Anteilsverminderung in den ersten drei Stunden. Wie aus Tabelle 2 C zu entnehmen ist, dauert das REM-Stadium in den ersten 180 Minuten beim ungestörten Schlaf durchschnittlich 25 Minuten, beim lärmgestörten Schlaf 15 Minuten ($p < 0.005$). Die übereinanderprojizierten Kurven der Abbildung 20 zeigen ebenfalls, daß die relative Häufigkeit bei Bedingung 5 im Bereich der 1. - 3. Stunde deutlich geringer ist. Dem REM-Defizit in diesem Zeitraum folgt gegen Ende der dritten Stunde ein relativer Häufigkeitsanstieg, der aber quantitativ nicht ausreicht, das Defizit des gesamten Schlafs zu kompensieren.

Im Gegensatz zu dem Befund vom Nachtschlaf erfolgt beim Tag-schlaf mit Lärmeinspielung kein Anstieg der Motilität. Der

Anteil der Analysenintervalle, die in die Auswertung "Movement Time" eingingen, beträgt beim Schlaf unter Ruhebedingungen 1.7 %, beim lärmgestörten Schlaf 1.8 % (siehe auch Tabelle 2 C).

3.3.4. Schlafstadienwechsel und Schlafzyklen

Beim gesamten ungestörten Tagschlaf wechseln die Stadien im Mittel 64 mal, beim gestörten Schlaf ergibt sich ein Durchschnittswert von 60. Damit erfolgen pro Stunde bei beiden Versuchsbedingungen durchschnittlich 9 - 10 Stadienwechsel. Wie Abbildung 21 u.a. zeigt, verlaufen die Vergleichskurven der Frequenzen der Stadienwechsel annähernd gleich; auch beim Tagschlaf liefert dieser Parameter keinen Hinweis auf einen Lärmeffekt.

Bei der 4. Versuchsbedingung dauern die Zyklen durchschnittlich 90.7 Minuten. 96.9 Minuten ist die mittlere Zyklendauer bei der 5. Versuchsbedingung (ns). In Tabelle 2 D sind die einzelnen Zyklen gesondert verglichen. Der T-Test ergibt eine Verlängerung des 2. Schlafzyklus unter Bedingung 5 ($p < 0.05$). Da nicht alle Vpn einen kompletten 3. bzw. 4. Zyklus durchliefen, wurden bei der Gegenüberstellung des 3. Zyklus 11 Vergleichspaare zugrundegelegt. Der Mittelwertsvergleich des 4. Zyklus erfolgte aufgrund von 5 Vergleichspaaren.

TABELLE 2 D: Mittlere Dauer der Schlafzyklen und REM-Perioden beim ungestörten Tagschlaf (Bed. 4) und beim gestörten Tagschlaf (Bed. 5) mit Signifikanzniveau.

	Bed. 4	Bed. 5	p
1. Zyklus	80.7 min	90.3 min	n.s.
2. Zyklus	87.5 min	105.7 min	<u>0.05</u>
3. Zyklus	101.5 min	98.7 min	n.s.
4. Zyklus	93.4 min	86.3 min	n.s.
mittlere Zyklendauer	90.7 min	96.9 min	n.s.
REM-Periode des 1. Zyklus	13.4 min	8.9 min	n.s.
REM-Periode des 2. Zyklus	15.8 min	24.4 min	<u>0.05</u>
REM-Periode des 3. Zyklus	29.8 min	22.2 min	n.s.
REM-Periode des 4. Zyklus	26.7 min	14.2 min	0.10

Außerdem wurden die REM-Perioden in den einzelnen Zyklen analysiert. Wie auch aus Tabelle 2 D ersichtlich ist, zeigt sich analog zum verlängerten 2. Schlafzyklus eine Verlängerung der REM-Periodendauer im gleichen Zyklus. Der verzögerte Ablauf des 2. Zyklus unter Lärmeinfluß kann aber nicht nur als Folge des länger dauernden REM-Schlafes betrachtet werden, da die REM-Periode im Mittel nur um etwa 9 Minuten, der 2. Zyklus durchschnittlich um 18 Minuten länger ist. Damit deutet sich eine lärmbedingte Beeinflussung des rhythmischen Ablaufes des Tagschlafes an.

Abbildung 21 zeigt den Vergleich beider Versuchsbedingungen im Überblick.

Abb. 21

Übersichtszeichnung
mit Darstellung aller Stadien, TSR
(Gesamtschlafdauer)
MT (Körperbewegungen), RD
(Registrierdefizit) und CSS
(Schlafstadienwechsel)

Ordinaten: relative
Häufigkeit

Abszissen: Schlaf-
zeit in Std, ab
Schlafbeginn

verdickte Kurven:

Bed. 4

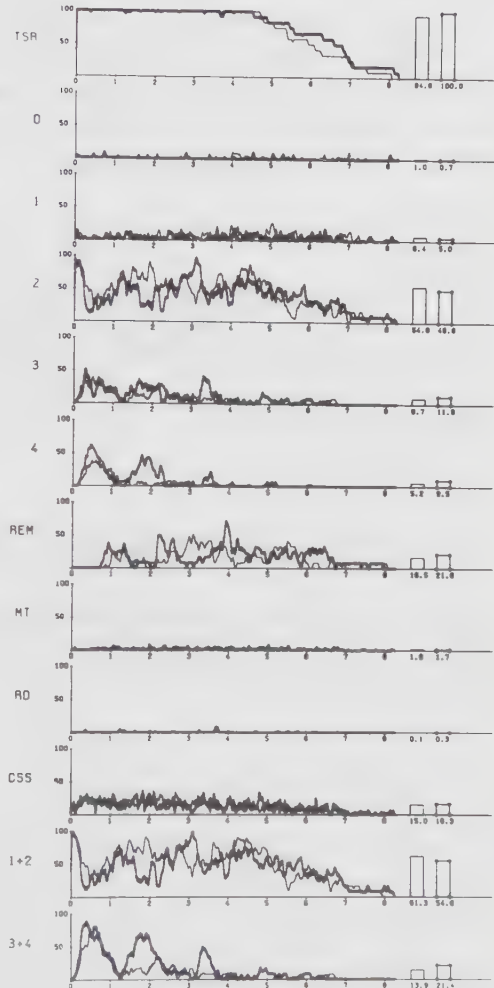
dünne Kurven:

Bed. 5

Rechts daneben je-
weils der prozentua-
le Anteil am Gesamt-
schlaf

(Bed. 4 = 100)

(nähere Erläuterung:
siehe Methodik
Seite 31)



Die Vergleichskurven von TSR, Stadium 0, MT und CSS lassen keine deutlichen Unterschiede erkennen. Die Aufzeichnungsunterbrechungen (RD) von 0.1 % bei Bed. 4 und 0.3 % bei der 5. Bed. können keine Verfälschung der Ergebnisse bewirkt haben.

An den Kurven der addierten Stadien 1 + 2 und 3 + 4 ist die durch Lärm verursachte "Schlafverflachung" deutlich zu erkennen. In den ersten vier Stunden korreliert das relative Defizit der Stadien 3 + 4 beim lärmgestörten Schlaf in erster Linie mit einem relativen Anstieg der Stadien 1 + 2.

3.4. Vergleich des ungestörten Nachtschlafs mit dem ungestörten Tagschlaf nach Nachtschicht

(Vergleich Bed. 1 gegen Bed. 4)

3.4.1. Einschlafdauer und interponierte Wachphasen

Abbildung 22 veranschaulicht die Häufigkeitsverteilung des Stadiums 0 und des Stadiums 1 während der gesamten Registrierzeit.



Abb. 22

Relative Häufigkeit der Stadien 0 und 1 als Funktion der Zeit (in Std), ab Registrierbeginn

verdickte Kurven: ungestörter Nachtschlaf (Bed. 1)

dünne Kurven: ungestörter Nachtschlaf (Bed. 4)

rechts daneben jeweils der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf (Bed. 1 = 100)

(nähere Erläuterung der Kurven: siehe Methodik Seite 31)

Die Kurven des Wachzustandes lassen in den ersten 60 Minuten einen unterschiedlichen Verlauf erkennen. Beim Nachtschlaf fällt die Häufigkeit dieses Stadiums erst nach etwa 40 - 50 Minuten gegen 0 ab. Beim Tagschlaf erfolgt der Häufigkeitsabfall bereits nach 5 - 10 Minuten. Entsprechendes erkennt man an den Vergleichskurven des Stadiums 1. In der ersten Stunde ist die Kurve im Vergleich zum Tagschlaf nach rechts verschoben. Das bedeutet, daß beim Tagschlaf nach Nachtschlaf der Einschlafprozeß rascher abläuft als beim natürlichen Nachtschlaf. Dieser Befund kann auch durch statistischen Mittelwertsvergleich gesichert werden. Das Stadium des Wachzustandes in der ersten Stunde dauert bei Bed. 1 durchschnittlich 12 Minuten und vermindert sich bei Bed. 4 auf 3 Minuten ($p < 0.005$). Entsprechend wird die mittlere Dauer des Stadiums 1 von 8 Minuten auf 5 Minuten verkürzt. ($p < 0.01$). Wie Ta-

belle 3 A zeigt, ergeben sich keine Unterschiede zwischen beiden Schlafarten im Hinblick auf Dauer und Anzahl der interponierten Wachphasen.

TABELLE 3 A: Anzahl und mittlere Dauer der Perioden (in min) des Stadiums 0 und der addierten Stadien 0 + 1 beim ungestörten Nachtschlaf (Bed. 1) und beim ungestörten Tagschlaf (Bed. 4), mit Signifikanzstufen, ab Schlafbeginn

	Bed. 1	Bed. 4	p
Stadium 0,			
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	0.5	0.4	n.s.
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	0.3 min	0.8 min	n.s.
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	2.6	1.8	n.s.
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	3.2 min	2.4 min	n.s.
Stadium 0 + 1,			
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	4.1	5.0	n.s.
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	6.4 min	6.6 min	n.s.
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	20.3	15.7	n.s.
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	31.8 min	22.0 min	n.s.

3.4.2. Schlafdauer

Die Schlafdauer unterscheidet sich beim Nachtschlaf und beim Tagschlaf nicht signifikant, wie auch in Tabelle 3 B gezeigt wird. Die Vpn schlafen nachts durchschnittlich 7 Stunden 6 Minuten, tags 6 Stunden 25 Minuten (reine Schlafzeit, d.h. ohne primäre Wach- und Einschlafphase). Dazu muß einschränkend gesagt werden, daß 5 Vpn beim Nachtschlaf zum Dienst geweckt werden mußten. Obwohl darauf geachtet wurde, daß die Vpn ihre gewohnte Schlafdauer nicht unterschritten, muß dieses Ergebnis mit großer Vorsicht interpretiert werden.

3.4.3. Schlafstadien

Die Gegenüberstellung des natürlichen Nachtschlafs und des Tagschlafs nach Nachtschicht ergibt im Hinblick auf die Schlafstadienanteile der "Schlafzeit", die definitionsgemäß mit dem ersten Auftreten von Stadium 2 beginnt, keine signifikanten Unterschiede. Jedoch zeigen sich unterschiedliche Häufigkeitsverteilungen der tiefen Schlafstadien bei beiden Schlafarten. Abbildung 23 veranschaulicht diesen Befund.

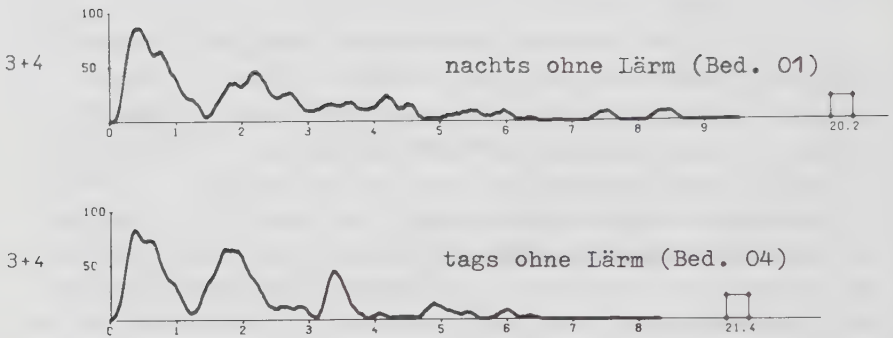


Abb. 23

Relative Häufigkeit der addierten Schlafstadien 3 + 4 beim ungestörten Nacht- bzw. Tagschlaf als Funktion der Zeit (in Std), ab Schlafbeginn, jeweils rechts daneben der prozentuale Anteil in Bezug auf die jeweilige Schlafdauer (nähere Erläuterung der Kurven siehe Methodik Seite 31)

Man erkennt an dieser Abbildung, daß beim natürlichen Nachtschlaf nach Schlafbeginn die Häufigkeit der Stadien 3 + 4 auf 80 - 90 % ansteigt und nach etwa 1 1/2 Stunden gegen 0 abfällt. Danach steigt die Häufigkeit dieser Stadien auf etwa 50 % und fällt mit fortschreitender Schlafdauer allmählich ab. Beim Tagschlaf zeigt sich ein etwas anderes Bild. Die Häufigkeitskurve steigt nach Schlafbeginn auf etwa 80 %, fällt bereits nach ca. 1 1/4 Stunden gegen 0 ab und steigt danach wieder auf 60 - 70 % an.

Weiter erkennt man in der 4. Stunde ein relatives Maximum der Stadien 3 + 4.

Diese verschiedenen Verteilungen der Tiefschlafhäufigkeit zeigen, daß tags im ersten Drittel des Schlafes mehr Tiefschlaf als nachts auftritt. Wie aus Tabelle 3 B ersichtlich ist, ergibt der statistische Mittelwertsvergleich eine Erhöhung der Stadien 3 + 4 beim Tagschlaf in der zweiten Stunde nach Schlafbeginn, die mit $p < 0.01$ gesichert werden kann. Im Hinblick auf den zyklischen Schlafablauf liefert der vorzeitige Abfall der ersten beiden Tiefschlafgipfel bei Bed. 4 bereits einen Hinweis auf einen beschleunigten Ablauf der Zyklen beim Schlaf während des Tages (Siehe auch 3.4.4.).

Beim Nachtschlaf befinden sich die Vpn durchschnittlich 214 Minuten, beim Tagschlaf 191 Minuten im Stadium des Leichtschlafs (Stadium 2). Bezogen auf die jeweilige Schlafdauer lassen sich fast gleiche Anteile errechnen: 50.3 % beim Nachtschlaf und 49.6 % beim Tagschlaf. Der Mittelwert des Deltaschlafs (Stadium 4) beträgt nachts 34.5 Minuten (= 8.1 % des Nachtschlafs) und tags 36.4 Minuten (= 9.5 % des Tagschlafs). Aus Tabelle 3 B ist auch zu entnehmen, daß der REM-Schlaf bei beiden Bedingungen zu etwa gleichen Teilen vertreten ist. Durchschnittlich dauert dieses Stadium beim Nachtschlaf 86.2 Minuten (= 20.2 % des Nachtschlafs), beim Tagschlaf erhält man einen Mittelwert von 83.3 Minuten (= 21.6 % des Tagschlafs). In der ersten Stunde zeigt sich eine signifikante Erhöhung des REM-Stadiums beim Tagschlaf ($p < 0.05$). Da im normalen Schlafzyklus im Anschluß an ein Deltastadium ein REM-Stadium zu erwarten ist, korreliert dieser Befund mit dem vorzeitigen Häufigkeitsabfall der Stadien 3 + 4 beim Tagschlaf und deutet auf Verkürzung des ersten Schlafzyklus hin (siehe auch 3.4.4.).

In Tabelle 3 B sind außerdem die Berechnungen in Bezug auf die Motilität zusammengestellt. Die Vergleiche, die sich auf die ersten drei Stunden nach Schlafbeginn und auf die gesamte Schlafzeit beziehen, lassen keine signifikanten Unterschiede erkennen.

TABELLE 3 B

Mittelwerte, Mittelwertsdifferenzen (in min) und Signifikanzstufen bei Bedingung 1 und Bedingung 4 (Schlafzeit, Erläuterung siehe Methodik Seite 32)

		M 1	M 4	M1-M4	p(T)	p(W)
STADIUM 3 + 4	1. STUNDE	32.7	30.8	1.88	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	13.3	22.6	-9.29	<u>0.01</u>	<u>0.01</u>
	3. STUNDE	17.1	12.1	5.00	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	86.1	82.3	3.75	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	46.0	53.4	-7.42	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	63.0	65.5	-2.42	n.s.	n.s.
STADIUM 1 + 2	1. STUNDE	26.3	24.6	1.67	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	33.8	27.9	5.92	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	31.4	33.0	-1.63	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	241.6	210.3	31.29	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	60.1	52.5	7.58	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	91.5	85.5	5.96	n.s.	n.s.
STADIUM REM	1. STUNDE	0.3	3.7	-3.38	<u>0.05</u>	n.s.
	2. STUNDE	11.7	8.3	3.38	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	9.0	13.4	-4.42	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	86.2	83.3	2.88	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	12.0	12.0	0.00	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	20.9	25.3	-4.42	n.s.	n.s.
MOVEMENT TIME	1. STUNDE	0.5	0.3	0.13	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	1.0	1.0	0.08	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	1.4	1.2	0.21	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	8.3	6.4	1.83	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	1.5	1.3	0.21	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	2.9	2.5	0.42	n.s.	n.s.
TSR	GESAMTNACHT	425.8	385.2	40.54	n.s.	n.s.

3.4.4. Schlafstadienwechsel und Schlafzyklen

Während der gesamten Registrierzeit wechseln die Schlafstadien beim Nachtschlaf im Mittel 79 mal (10 - 11/h), beim Tagschlaf 64 mal (9 - 10/h), doch ist die erhöhte Anzahl der Stadienwechsel beim Nachtschlaf nicht signifikant.

Wie bereits angedeutet, zeigen sich beim Vergleich zwischen natürlichem Nachtschlaf und Tagschlaf nach Nachtschicht signifikante Unterschiede im Hinblick auf den zyklischen Schlafablauf; in Tabelle 3 C sind die einzelnen Zyklen beider Versuchsbedingungen gegenüber gestellt.

TABELLE 3 C: Mittlere Dauer der Schlafzyklen und REM-Perioden beim natürlichen Nachtschlaf (Bed. 1) und beim Tagschlaf (Bed. 4) nach Nachtschicht, mit Signifikanzniveau, ab Schlafbeginn

	Bed. 1	Bed. 4	p
1. Zyklus	100.1 min	80.7 min	0.10
2. Zyklus	109.6 min	87.5 min	<u>0.05</u>
3. Zyklus	112.5 min	100.4 min	n.s.
4. Zyklus	90.9 min	66.6 min	n.s.
mittlere Zyklendauer	102.4 min	90.7 min	<u>0.01</u>
REM-Periode im 1. Zyklus	16.1 min	13.4 min	n.s.
REM-Periode im 2. Zyklus	19.2 min	15.8 min	n.s.
REM-Periode im 3. Zyklus	27.0 min	28.0 min	n.s.
REM-Periode im 4. Zyklus	24.3 min	29.8 min	n.s.

Es zeigt sich eine signifikante Verkürzung der mittleren Zyklendauer von 102 Minuten beim Nachtschlaf auf 91 Minuten beim Tagschlaf. Wie aus Tabelle 3 C weiter ersichtlich ist, ist diese Verkürzung in erster Linie Folge des beschleunigten Ablaufs der ersten beiden Zyklen. Die Analyse des REM-Stadiums ergibt, daß die REM-Perioden in den einzelnen Zyklen bei beiden Bedingungen keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Der Paradoxschlaf kann somit nicht mit der Zyklenverkürzung in Zusammenhang gebracht werden. Abschließend seien die beschriebenen Ergebnisse im Hinblick auf Schlafdauer und Schlafstadien an einer Übersichtszeichnung (Abb. 24) demonstriert.

Abb. 24

Übersichtszeichnung
mit Darstellung aller Stadien, TSR
(Gesamtschlafdauer)
MT (Körperbewegungen), RD (Registrierdefizit) und CSS
(Schlafstadienwechsel)

Ordinaten: relative
Häufigkeit

Abszissen: Schlaf-
zeit in Std, ab
Schlafbeginn

verdickte Kurven:

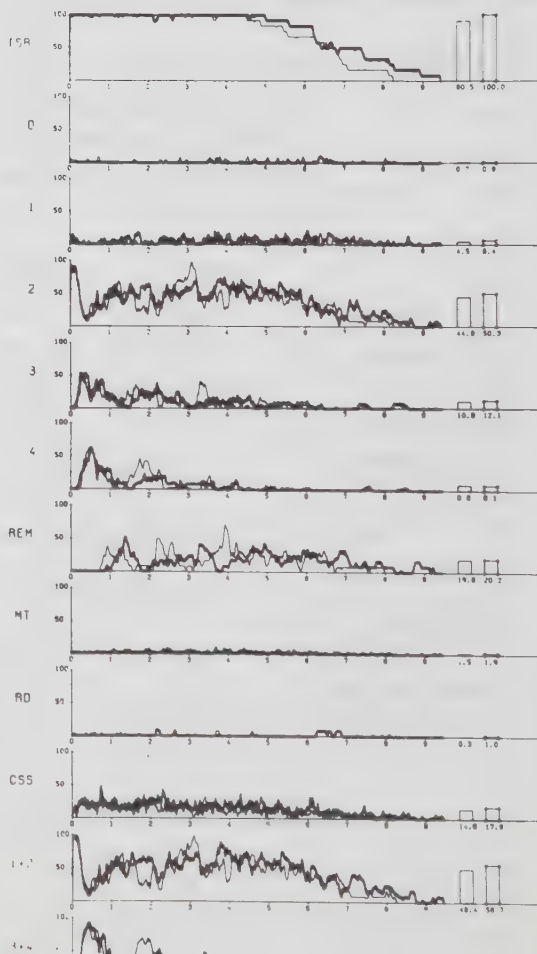
Bed. 1

dünne Kurven:

Bed. 4

rechts daneben je-
weils der prozentu-
ale Anteil am Ge-
samtschlaf
(Bed. 1 = 100)

(Erläuterung: siehe
Methodik Seite 31)



Wie bereits dargestellt wurde, zeigen die prozentualen und absoluten Anteile der einzelnen Schlafstadien keine signifikanten Unterschiede, jedoch lassen beide Schlafarten ein unterschiedliches Schlafstadienmuster erkennen, was an den Häufigkeitskurven des REM-Schlafes und der addierten Stadien 3 + 4 deutlich wird. Die Tiefschlafstadien in der ersten Hälfte des Tagschlafes zeigen 3 Häufigkeitsspitzen, deren Amplitude jeweils um $1/4$ kleiner wird. Vergleicht man diese Verteilung mit derjenigen des REM-Stadiums, so fällt auf, daß mit einem Abfall der relativen Tiefschlafhäufigkeit ein Häufigkeitsanstieg des REM-Schlafes korreliert und umgekehrt, wobei die entsprechenden Maxima des REM-Stadiums weniger markant sind. Beim Nachtschlaf lassen die Stadien 3 + 4 nur zwei Häufigkeitsmaxima erkennen; die Amplitude des zweiten ist bereits um die Hälfte kleiner als die des ersten. Dazwischen liegt eine Häufigkeitsspitze des REM-Stadiums; eine zweite ist im Bereich der 3. und 4. Stunde nur noch undeutlich vorhanden.

Außerdem stellen sich die beiden ersten Gipfel der Stadien 3 + 4 beim Nachtschlaf im Bereich der ersten 3 Stunden, beim Tagschlaf im Bereich der ersten $2\frac{1}{2}$ Stunden dar. Diese unterschiedliche Verteilung der Schlafstadien läßt erkennen, daß tags in der ersten Schlafhälfte der zyklische Ablauf des Schlafes nicht nur beschleunigt sondern auch regelmäßiger erfolgt.

3.5. Vergleich des gestörten Nachtschlafes mit dem gestörten Tagschlaf nach Nachtschicht

(Vergleich Bed. 2 gegen Bed. 5)

Da in 3.2., 3.3. und 3.4. der Vergleich des gestörten Nachtschlafs mit dem gestörten Tagschlaf bereits indirekt mit enthalten ist, sei hier, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, auf die ausführliche Darstellung einiger Punkte verzichtet.

3.5.1. Einschlafdauer und interponierte Wachphasen

Wie bereits dargelegt wurde, zeigt sich beim ungestörten Tagschlaf ein beschleunigter Einschlafprozeß im Vergleich zum natürlichen Nachtschlaf. Außerdem konnte tags und nachts keine signifikante Verzögerung des Einschlafens durch Lärm festgestellt werden. Dementsprechend zeigt sich auch unter Lärmeinfluß beim Tagschlaf, daß das Einschlafen rascher als nachts erfolgt.

Die interponierten Wachphasen, deren Berechnung unter anderem durch die addierten Stadien 0 + 1 während der Schlafzeit vorgenommen wurde, zeigen sich beim lärmgestörten Nachtschlaf, nicht aber beim lärmgestörten Tagschlaf erhöht. In der Tabelle 4 A sind beide Versuchsbedingungen mit Lärmstimulation im Hinblick auf interponierte Wachphasen gegenübergestellt. Daraus ist ersichtlich, daß nachts die Anzahl der Perioden, in denen Stadium 0 auftritt, signifikant erhöht ist ($p < 0.05$). Besonders deutliche Unterschiede ergeben sich, wenn man die Anzahl der Perioden der addierten Stadien 0 + 1 vergleicht. Unter Lärm treten nachts solche Perioden durchschnittlich 27 mal, tags 17 mal auf ($p < 0.0001$). Entsprechend unterscheidet sich auch die Dauer dieser Perioden signifikant: 47 Minuten beim Nachtschlaf und 29 Minuten beim Tagschlaf ($p < 0.05$).

TABELLE 4 A: Anzahl und mittlere Dauer der Perioden des Stadiums 0 und der addierten Stadien 0 + 1 beim gestörten Nachtschlaf (Bed. 2) und beim gestörten Tagschlaf (Bed. 5), ab Schlafbeginn, mit Signifikanzniveau

	Bed. 2	Bed. 5	p
Stadium 0,			
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	1.1	0.7	n.s.
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	1.8 min	0.7 min	n.s.
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	4.3	2.6	<u>0.05</u>
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	8.0 min	3.5 min	n.s.
Stadium 0 + 1,			
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	7.9	5.2	0.10
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	10.8 min	6.8 min	n.s.
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	26.7	16.8	<u>0.0001</u>
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	46.6 min	29.2 min	<u>0.05</u>

3.5.2. Schlafdauer

Die mittlere Schlafdauer betrug beim gestörten Schlaf während des Tages 6 Stunden 4 Minuten, beim gestörten Nachtschlaf 7 Stunden 12 Minuten. Damit ist die Schlafdauer tags auf 84 % des Nachtschlafs reduziert (siehe auch Abb. 25 und Tabelle 4 B).

TABELLE 4 B

Mittelwert, Mittelwertsdifferenzen (in min) mit Signifikanzniveaus beim lärmgestörten Nachtschlaf (Bed. 2) und beim lärmgestörten Tagschlaf (Bed. 5), ab Schlafbeginn
(Erläuterung: siehe Methodik Seite 32)

		M 2	M 5	M2-M5	p(T)	p(W)
STADIUM 3 + 4	1. STUNDE	30.3	26.3	3.92	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	11.5	8.7	2.79	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	8.3	10.5	-2.21	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	65.2	53.7	11.50	0.10	0.10
	1.-2. STUNDE	41.7	35.0	6.71	n.s.	n.s.
STADIUM 1 + 2	1.-3. STUNDE	50.0	45.5	4.50	n.s.	n.s.
	1. STUNDE	28.5	32.6	-4.17	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	41.4	42.3	-0.83	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	34.4	37.5	-3.13	n.s.	n.s.
	GESAMTNACHT	277.1	236.0	41.13	<u>0.05</u>	<u>0.05</u>
	1.-2. STUNDE	69.9	74.9	-5.00	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	104.3	112.4	-8.13	n.s.	n.s.

TABELLE 4 B Fortsetzung

		M 2	M 5	M2-M5	p(T)	p(W)	
STADIUM	1. STUNDE	0.0	0.4	-0.42	n.s.	n.s.	
	2. STUNDE	4.9	7.7	-2.75	n.s.	n.s.	
	3. STUNDE	11.8	10.3	1.50	n.s.	n.s.	
	REM	GESAMTNACHT	70.3	63.7	6.63	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	4.9	8.1	-3.17	n.s.	0.10	
	1.-3. STUNDE	16.8	18.4	-1.67	n.s.	n.s.	
MOVEMENT TIME	1. STUNDE	1.1	0.6	0.50	n.s.	n.s.	
	2. STUNDE	1.6	1.0	0.54	n.s.	n.s.	
	3. STUNDE	1.3	1.3	0.08	n.s.	n.s.	
	GESAMTNACHT	11.3	6.9	4.42	0.10	<u>0.05</u>	
	1.-2. STUNDE	2.7	1.7	1.04	n.s.	n.s.	
	1.-3. STUNDE	4.0	2.9	1.13	n.s.	n.s.	
TSR	GESAMTNACHT	432.4	364.3	68.17	0.005	0.01	

3.5.3. Schlafstadien

Die Mittelwerte der Schlafstadien 2, 3, 4 und REM unterscheiden sich nicht signifikant zwischen Bed. 2 und 5. Wie Tabelle 4 B u.a. zeigt, ist aber die mittlere Dauer der addierten Stadien 1 + 2 von 236 Minuten bei Bed. 5 auf 277 Minuten bei Bed. 2 signifikant verlängert. Die mittlere REM-Schlafdauer beträgt nachts 70 Minuten, tags 64 Minuten. Die Verkürzung der Schlafdauer wirkt sich demnach in erster Linie auf den Leichtschlaf aus, was auch in Abbildung 25 demonstriert wird.

Aus Tabelle 4 B ist auch ersichtlich, daß die Intervalle, die in die Auswertung als "Movement Time" eingingen,

nachts signifikant vermehrt sind, was aufgrund der vorangegangenen Vergleiche zu erwarten ist.

3.5.4. Schlafstadienwechsel und Schlafzyklen

Die Schlafstadien wechseln während der gesamten Registrierzeit beim gestörten Nachtschlaf im Durchschnitt 84 mal, beim gestörten Tagschlaf 60 mal. Der Unterschied ist signifikant ($p < 0.001$). Die Stadien wechselten bei Bed. 2 ca. 11 mal pro Stunde, bei Bed. 5/9 - 10 mal pro Stunde.

Die einzelnen Schlafzyklen und die dazugehörigen REM-Perioden beider Versuchsbedingungen sind in Tabelle 4 C gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß auch bei Lärmstimulation die mittlere Zyklendauer beim Tagschlaf signifikant verkürzt ist, wobei hauptsächlich der erste und der dritte Zyklus betroffen sind. Da die REM-Perioden in den einzelnen Zyklen keine signifikanten Unterschiede aufweisen, zeigt sich analog zur unterschiedlichen Dauer des ersten Zyklus auch ein signifikanter Unterschied im Hinblick auf die REM-Latenz.

TABELLE 4 C: Mittlere Dauer der Schlafzyklen und der dazugehörigen REM-Perioden beim gestörten Nachtschlaf (Bed. 2) und beim gestörten Tagschlaf (Bed. 5), ab Schlafbeginn, mit Signifikanzniveau

	Bed. 2	Bed. 5	p
1. Zyklus	126.1 min	90.3 min	<u>0.05</u>
2. Zyklus	116.8 min	105.7 min	n.s.
3. Zyklus	109.7 min	94.5 min	0.10
4. Zyklus	86.9 min	87.8 min	n.s.
mittlere Zyklendauer	116.2 min	96.9 min	<u>0.05</u>
REM-Periode im 1. Zyklus	14.0 min	8.9 min	n.s.
REM-Periode im 2. Zyklus	22.9 min	24.4 min	n.s.
REM-Periode im 3. Zyklus	17.2 min	19.7 min	n.s.
REM-Periode im 4. Zyklus	22.6 min	16.1 min	n.s.

Den Berechnungen beim 3. Zyklus liegen 10, beim 4. Zyklus 5 Vergleichspaare zugrunde.

Beim lärmgestörten Nachtschlaf beginnt die 1. REM-Phase im Mittel nach 111.5 Minuten, beim gestörten Tagschlaf bereits nach 80 Minuten ($p < 0.05$).

Abbildung 25 zeigt den Vergleich beider Schlafarten im Hinblick auf Schlafdauer, Schlafstadien, Körperbewegungen und Stadienwechsel.

Abb. 25

Übersichtszeichnung
mit Darstellung al-
ler Stadien, TSR
(Gesamtschlafdauer),
MT (Körperbewegun-
gen), RD (Registrier-
defizit) und CSS
(Schlafstadienwech-
sel)

Ordinaten: relative
Häufigkeit

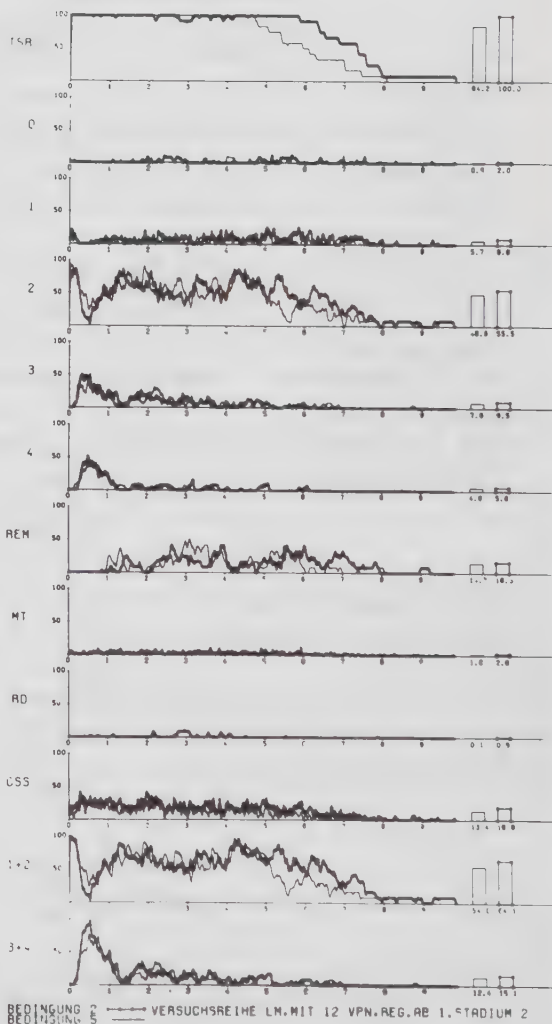
Abszissen: Schlafzeit in Std, ab Schlafbeginn

verdickte Kurven:
Bed. 2

dünne Kurven:
Bed. 5

rechts daneben je-
weils der prozen-
tuale Anteil am
Gesamtschlaf
(Bed. 2 = 100)

(nähere Erläute-
rung: siehe Metho-
dik Seite 31)



Der vorzeitige stufenförmige Abfall der TSR-Kurve beim Tagschlaf demonstriert die Verkürzung der Schlafdauer. Analog dazu zeigen auch die Häufigkeitskurven der leichten Schlafstadien 2 bzw. 1 + 2 einen Abfall, der im Bereich der 6. Stunde beginnt. Der Verlauf der Vergleichskurven sowohl der tiefen als auch der leichten Schlafstadien unterscheidet sich in der ersten Hälfte des Schlafes nicht merklich.

3.6. Vergleich des ersten Tagschlafs mit dem zweiten Tagschlaf im Laboratorium

(Vergleich Bed. 3 gegen Bed. 4)

Die Wirkung, die eine neue Umgebung auf den Schlaf ausübt, "first night effect" genannt, soll durch den Vergleich des ersten mit dem zweiten Tagschlaf im Laboratorium untersucht werden.

3.6.1. Einschlafdauer und interponierte Wachphasen

Der Einschlafprozeß dauert beim ersten Schlaf im Laboratorium nicht länger als beim folgenden. Abbildung 26 veranschaulicht diesen Befund.

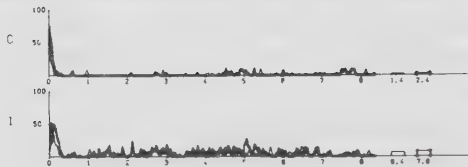


Abb. 26

Relative Häufigkeit der Stadien 0 + 1 als Funktion der Zeit (in Std. ab Registrierbeginn

verdickte Kurven: erster Tagschlaf (Bed. 3)

dünne Kurven: zweiter Tagschlaf (Bed. 4)

rechts daneben jeweils der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf (Bed. 3 = 100)

(genaue Erläuterung der Kurven siehe Methodik Seite 31)

Man erkennt darauf, daß der Verlauf der Häufigkeitskurven der Stadien 0 und 1 in der ersten Stunde ab Registrierbeginn bei beiden Versuchsbedingungen etwa gleich ist. Auch der Vergleich der Mittelwerte dieser Stadien in den ersten 60 Minuten ergibt keine signifikanten Unterschiede. Stadium 0 bzw. 1 dauert bei Bed. 3 durchschnittlich 4 bzw. 6 Minuten, bei Bed. 4 3 bzw. 5 Minuten.

Ebenso läßt der Vergleich der interponierten Wachphasen, der in Tabelle 5 A dargestellt ist, keine signifikanten Unterschiede erkennen.

TABELLE 5 A: Anzahl und mittlere Dauer der Perioden des Stadiums 0 und der addierten Stadien 0 + 1 beim ersten Tagschlaf (Bed. 3) und beim zweiten Tagschlaf (Bed. 4) im Laboratorium, mit Signifikanzniveau, ab Schlafbeginn

Stadium 0,	Bed. 3	Bed. 4	p
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	1.0	0.4	n.s.
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	0.8 min	0.8 min	n.s.
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	3.3	1.8	n.s.
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	4.0 min	2.4 min	n.s.
Stadium 0 + 1,			
<u>Anzahl</u> der Perioden während der ersten 180 min des Schlafes	6.6	5.0	n.s.
<u>Dauer</u> während der ersten 180 min des Schlafes	8.9 min	6.6 min	n.s.
<u>Anzahl</u> der Perioden während des gesamten Schlafes	15.8	15.7	n.s.
<u>Dauer</u> während des gesamten Schlafes	27.7 min	22.0 min	n.s.

3.6.2. Schlafdauer

Die mittlere Schlafdauer ist beim ersten Tagschlaf um 37 Minuten verkürzt, doch ist dieser Befund statistisch nicht zu sichern. Damit zeigt sich beim Eingewöhnungsschlaf keine Verkürzung der Schlafdauer.

3.6.3. Schlafstadien

Der "first night effect" macht sich in erster Linie durch eine signifikante Reduktion des REM-Schlafes bemerkbar. Beim Eingewöhnungsschlaf beträgt die mittlere Dauer des REM-Stadiums 63.5 Minuten, beim zweiten Tagschlaf wird dieses Stadium um 20 Minuten auf 83.3 Minuten verlängert ($p < 0.05$).

Der Mittelwertsvergleich der Stadien des orthodoxen Schlafes, der u.a. in Tabelle 5 B dargestellt ist, ergibt in Bezug auf den gesamten Schlaf keine signifikanten Unterschiede. Aus dieser Tabelle ist weiter zu entnehmen, daß sich beim Eingewöhnungsschlaf in den ersten 180 Minuten ab Registrierbeginn eine Erhöhung des Leichtschlafs und eine Verminderung des Tiefschlafs andeutet. Stadium 3 wird durchschnittlich bei Bed. 3 nach 15.5 Minuten, bei Bed. 4 nach 13 Minuten erreicht. Jedoch zeigt Stadium 4 beim Eingewöhnungsschlaf einen verzögerten Eintritt. Bei Bed. 4 dauert es durchschnittlich 17 Minuten, bis die erste Phase des Deltaschlafs beginnt. Beim ersten Schlaf im Laboratorium werden jedoch 25.6 Minuten benötigt, um dieses Stadium zu erreichen. Dieser Unterschied kann bei einseitiger Prüfung mit $p < 0.05$ gesichert werden.

Die Analyse der Körperbewegungen (MT) läßt keine Unterschiede erkennen.

TABELLE 5 B

Mittelwerte, Mittelwertsdifferenzen (in min) mit Signifikanzniveau beim ersten Tagschlaf im Laboratorium (Bed. 3, zur Eingewöhnung) und beim zweiten Tagschlaf (Bed. 4), ab Registrierbeginn (Erläuterung: siehe auch Methodik Seite 31)

		M 3	M 4	M3-M4	p(T)	p(W)
STADIUM 3 + 4	1. STUNDE	25.3	29.4	-4.17	n.s.	0.10
	2. STUNDE	17.5	19.8	-2.33	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	9.8	15.5	-5.71	n.s.	n.s.
	GESAMTSCHLAF	73.0	82.3	-9.33	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	42.7	49.2	-6.50	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	52.5	64.8	-12.21	0.10	0.10
STADIUM 1 + 2	1. STUNDE	29.0	25.7	3.29	n.s.	0.05
	2. STUNDE	29.1	29.2	-0.04	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	37.9	29.5	8.42	<u>0.05</u>	0.05
	GESAMTSCHLAF	204.8	213.9	-9.13	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	58.1	54.8	3.25	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	96.0	84.3	11.67	0.10	n.s.
STADIUM REM	1. STUNDE	0.5	1.8	-1.25	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	11.9	10.0	1.83	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	10.4	13.5	-3.08	n.s.	n.s.
	GESAMTSCHLAF	63.5	83.3	-19.75	<u>0.05</u>	0.02
	1.-2. STUNDE	12.4	11.8	0.58	n.s.	n.s.
	1.-3. STUNDE	22.8	25.3	-2.50	n.s.	n.s.
MOVEMENT TIME	1. STUNDE	0.5	0.3	0.21	n.s.	n.s.
	2. STUNDE	1.3	0.8	0.54	n.s.	n.s.
	3. STUNDE	1.4	1.1	0.29	n.s.	n.s.
	GESAMTSCHLAF	6.8	6.4	0.33	n.s.	n.s.
	1.-2. STUNDE	1.8	1.1	0.75	0.10	0.10
	1.-3. STUNDE	3.2	2.2	1.04	0.10	n.s.
TSR	GESAMTSCHLAF	356.6	391.0	-34.46	n.s.	n.s.

3.6.4. Schlafstadienwechsel und Schlafzyklen

Wie auch aus Abbildung 27 ersichtlich ist, verlaufen die Vergleichskurven der Frequenzen der Stadienwechsel annähernd gleich. Bei beiden Bedingungen wechseln die Stadien 9 - 10 mal pro Stunde. Tabelle 5 C zeigt, daß beim Eingewöhnungsschlaf der zyklische Schlafablauf nicht beeinflusst wird.

TABELLE 5 C: Mittlere Dauer der Schlafzyklen und der dazugehörigen REM-Perioden beim ersten Tagschlaf (Bed. 3) und beim zweiten Tagschlaf (Bed. 4) im Laboratorium, ab Schlafbeginn, mit Signifikanzniveau.

	Bed. 3	Bed. 4	p
1. Zyklus	85.0 min	80.7 min	n.s.
2. Zyklus	99.2 min	87.5 min	n.s.
3. Zyklus	92.8 min	99.0 min	n.s.
4. Zyklus	92.6 min	89.1 min	n.s.
mittlere Zyklendauer	90.8 min	90.7 min	n.s.
REM-Periode im 1. Zyklus	15.0 min	13.4 min	n.s.
REM-Periode im 2. Zyklus	18.0 min	15.8 min	n.s.
REM-Periode im 3. Zyklus	22.9 min	29.0 min	n.s.
REM-Periode im 4. Zyklus	15.6 min	24.4 min	n.s.

Abbildung 27 zeigt den Vergleich beider Versuchsbedingungen im Hinblick auf Schlafdauer, Schlafstadien, Körperbewegungen, Registrierdefizit und Schlafstadienwechsel.

Abb. 27

Übersichtszeichnung mit Darstellung aller Stadien, TSR (Gesamtschlafdauer), MT (Körperbewegungen), RD (Registrierdefizit) und CSS (Schlafstadienwechsel)

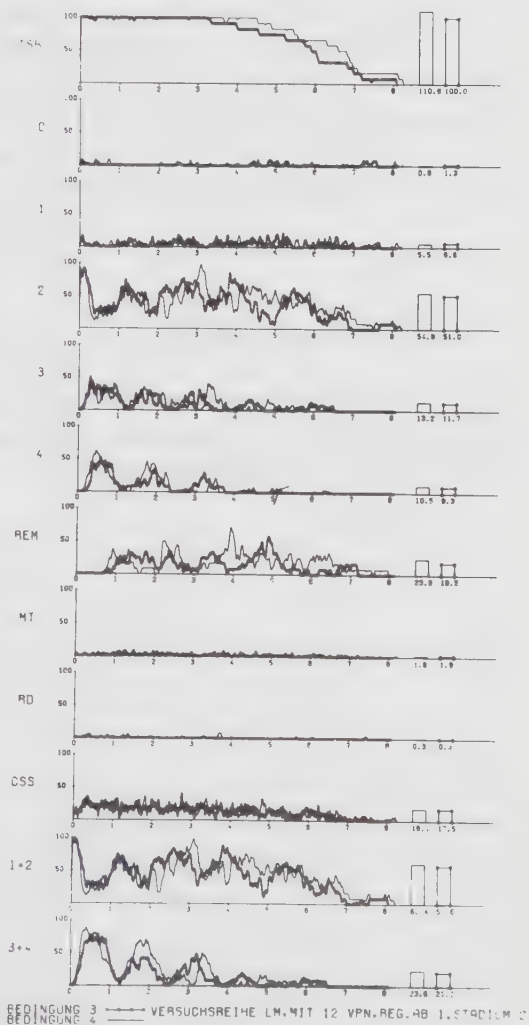
Ordinaten: relative Häufigkeit

Abszissen: Schlafzeit in Std, ab Schlafbeginn

verdickte Kurven:
Bed. 3

dünne Kurven:
Bed. 4

rechts daneben jeweils der prozentuale Anteil am Gesamtschlaf
(Bed. 3 = 100)
(nähere Erläuterung: siehe Seite 31)



Neben dem unterschiedlichen Verlauf der Häufigkeitskurven des REM-Schlafes, der beim Eingewöhnungsschlaf gegen Schlafende einen merklichen Häufigkeitsabfall zeigt, fällt an den Kurven der addierten tiefen Stadien auf, daß die zweite Häufigkeitsspitze bei Bed. 3 eine kleinere Amplitude besitzt. Dieses relative Defizit wird gegen Ende der zweiten Stunde durch Anstieg des REM-Schlafes, mit Beginn der zweiten Stunde durch vermehrten Leichtschlaf kompensiert. Die Tiefschlafstadien zeigen gegen Ende der dritten und zu Beginn der vierten Stunde wieder einen relativen Häufigkeitsanstieg bei Bed. 3, wodurch das anfängliche Defizit teilweise kompensiert wird.

3.7. Subjektive Angaben

Die Versuchspersonen füllten jeweils vor dem Schlafengehen und nach dem Erwachen Fragebögen aus, die auf den Seiten 21 - 26 dargestellt sind.

3.7.1. Fragebogen Nr. 1

Frage Nr. 1: Wie empfanden Sie den Lärm?

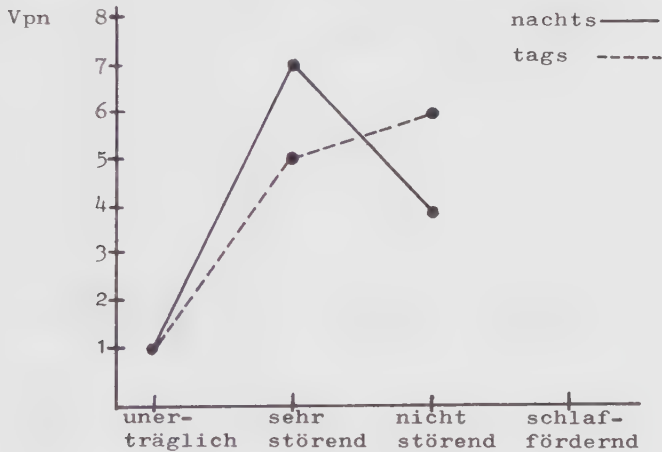
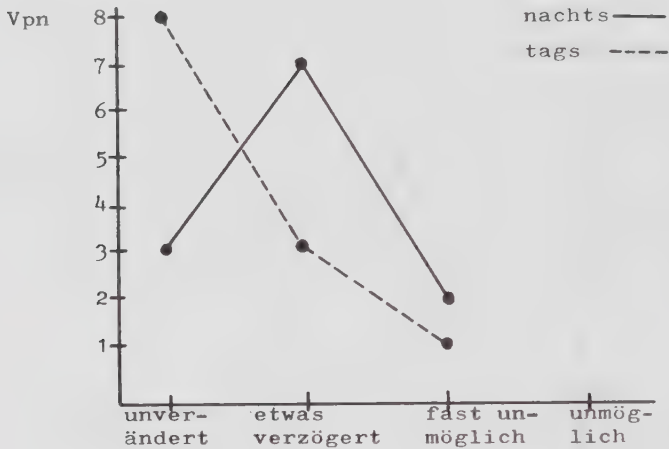


Abb. 28

Antworten auf Frage 1, die Ordinate gibt die Zahl der Versuchspersonen an

Man erkennt auf der Abbildung, daß der Lärm beim Tagschlaf nicht so unangenehm empfunden wird wie beim Nachtschlaf. Beim Tagschlaf bezeichnen 6 Vpn den Lärm als nicht störend, beim Nachtschlaf nur 4 Vpn.

Frage Nr. 2: Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr
Einschlafen?



Frage Nr. 3: Welche Wirkung hatte der Lärm auf Ihr
Durchschlafen?

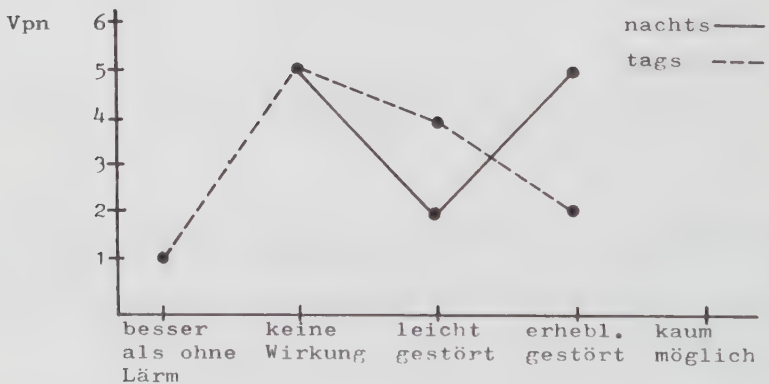


Abb. 29 und 30:

Antworten auf Frage 2 und 3, die Ordinaten geben die
Zahl der Vpn an.

Die Tendenz, daß der Lärm tagsüber weniger stört, tritt bei den Antworten auf Frage 2 und 3 klarer in Erscheinung.

Frage Nr. 4: "Haben Sie Einzelgeräusche besonders gestört, wenn ja, welche?"

Diese Frage beantworten 7 Vpn mit "nein". Die restlicher Vpn geben an: Straßenbahn, Martinshorn und Hupen.

Frage Nr. 5: "Wie war der Lärm Ihrer Meinung nach während der gesamten Registrierzeit?"

Die Antworten zu dieser Frage verteilen sich wie folgt:

	nachts	tags	
- etwa gleich laut mit kurzfristigen Schwankungen	5	6	Vpn
- wechselnd, d.h. mal längere Zeit (etwa 30 - 60 Minuten) laut, dazwischen ruhigere Abschnitte	6	2	Vpn
- zu Beginn lauter als nach einigen Stunden	-	-	
- zu Beginn leiser als nach einigen Stunden	-	-	
- kann ich beim besten Willen nicht sagen, da ich darauf nicht geachtet habe	1	4	Vpn
	—	—	
	12	12	Vpn

Die Antworten auf diese Frage lassen erkennen, daß die Vpn beim Nachtschlaf eher in der Lage sind, den Lärm zu charakte-

risieren, wodurch auch die Tendenz der geringeren subjektiven Störwirkung beim Tagschlaf bestätigt wird.

Frage Nr. 6: "Welchen Eindruck hatten sie?"

1 Vp bezeichnet die Lärmquelle als "unnatürlich", echtem Straßenlärm komme sie nur ungenügend gleich.
9 Vpn entscheiden sich für: "Fast natürlicher Straßenlärm; allerdings merkte man etwas, daß er von Band abgespielt wurde."

2 Vpn stellen keinen Unterschied zu "natürlichem Straßenlärm" fest.

8 Vpn empfinden den Straßenlärm wie bei "offenem Fenster",
4 Vpn wie bei "geschlossenem Fenster".

Frage Nr. 7: Die Lärmeinspielung war während des Tagschlafs
im Labor

- sehr viel unangenehmer	1 Vp
- etwas unangenehmer	1 Vp
- gleich unangenehm	5 Vpn
- etwas weniger störend	4 Vpn
- sehr viel weniger störend . . .	1 Vpn

als während des Nachtschlafs im Laboratorium.

3.7.2. Fragebogen Nr. 2

Wie bereits erwähnt, wurden die Vpn gebeten, auch zu Hause die Fragebogen Nr. 2 und Nr. 3 auszufüllen, und zwar jeweils 4 Tage bzw. 4 Nächte vor den Registrierungen im Laboratorium. Obwohl sich die Mehrzahl der Vpn kooperativ zeigte, war doch ein Teil der häuslichen Fragebögen nicht oder nur

unvollständig ausgefüllt. Anstelle der 336 vorgesehenen Fragebögen konnten 300 ausgewertet werden.

Die Fragen 1, 2 und 4 (Haben Sie heute bzw. heute nacht Medikamente oder Genußmittel wie Nikotin, Tee oder Alkohol zu sich genommen? Haben Sie zwischenzeitlich geschlafen?) dienten dazu, eine gewisse Kontrolle über die Vpn zu erhalten. Es ergeben sich bei den Angaben zu diesen Fragen jedoch keine Anhaltspunkte für mögliche Störeinflüsse, die zu einer Verfälschung der Ergebnisse hätten führen können.

Abbildung 31 zeigt die Verteilung der Antworten auf Frage Nr. 3 a.

Frage Nr. 3a: Wie fühlten Sie sich tagsüber bzw.
während der Nachtschicht?

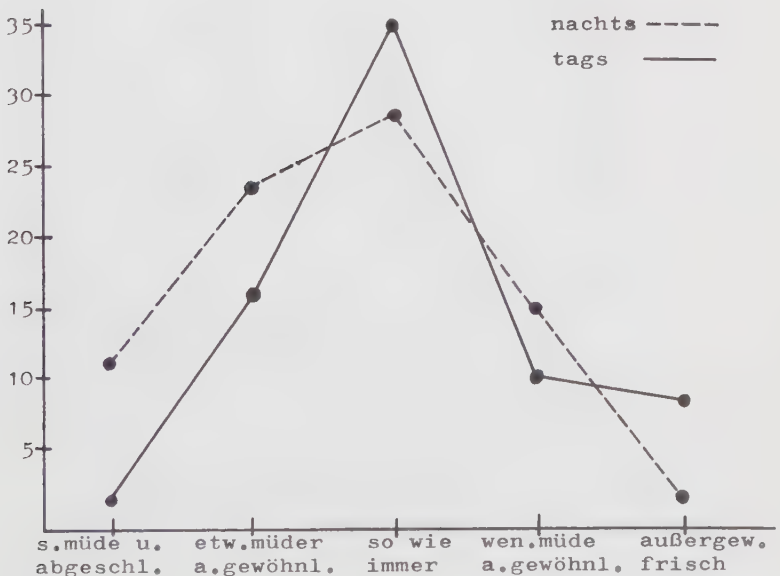


Abb. 31

Die Ordinate gibt die Häufigkeit der Antworten an.

Es zeigt sich, daß sich die Vpn während der Nachtschicht durchschnittlich etwas müder fühlen als beim Tagdienst. Jedoch lassen die Antworten auf die Frage nach dem vegetativen Befinden (Frage 3 b) keine unterschiedliche Verteilung beim Tag- bzw. Nachtdienst erkennen, was aus Abbildung 32 entnommen werden kann.

Frage Nr. 3b: Wie fühlten Sie sich tagsüber bzw.
während der Nachtschicht?

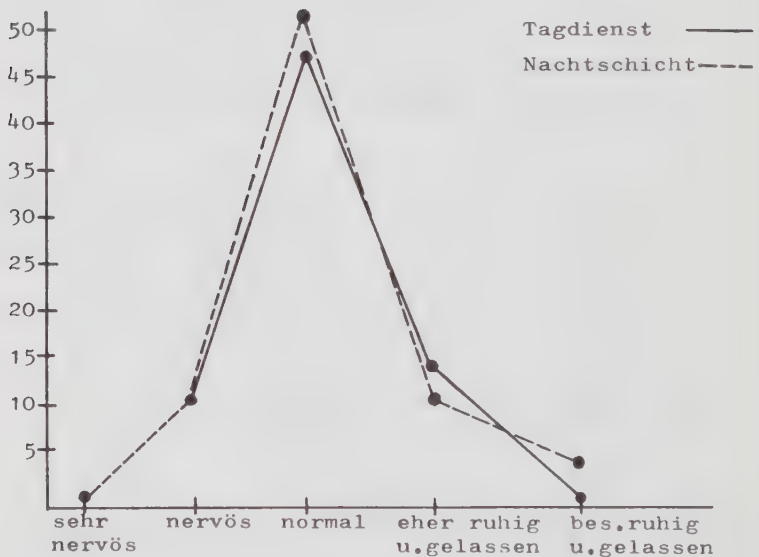


Abb. 32

Frequenzpolygon zur Frage 3 b

Die Tendenz der gesteigerten subjektiven Müdigkeit bei der Nachtschicht tritt bei den Antworten auf die Frage "Wie fühlen Sie sich jetzt vor dem Schlafengehen?" deutlicher hervor als bei Frage 3 a. Abbildung 33 läßt erkennen, daß die Antworten auf Frage 5 a nach dem normalen Tagdienst etwa normal verteilt sind. Nach Nachtschicht ergibt sich eine deutliche Verschiebung im Sinne einer erhöhten Ermüdung. Die vegetative Komponente des Befindens zeigt analog zur Frage 3 b wiederum keine merklichen Unterschiede (Abb. 34).

Frage Nr. 5a: Wie fühlen Sie sich jetzt vor dem Schlafengehen?

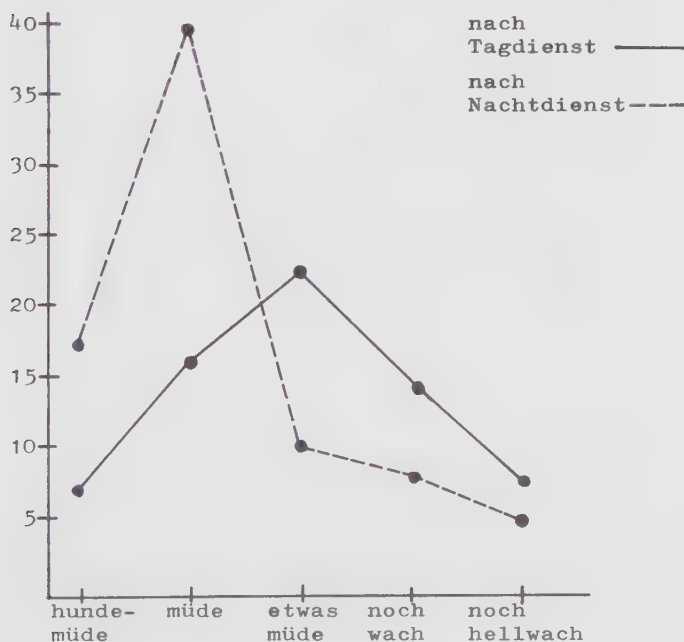


Abb. 33

Frequenzpolygon zur Frage 5 a

Frage Nr. 5b: Wie fühlen Sie sich jetzt vor dem Schlafengehen?

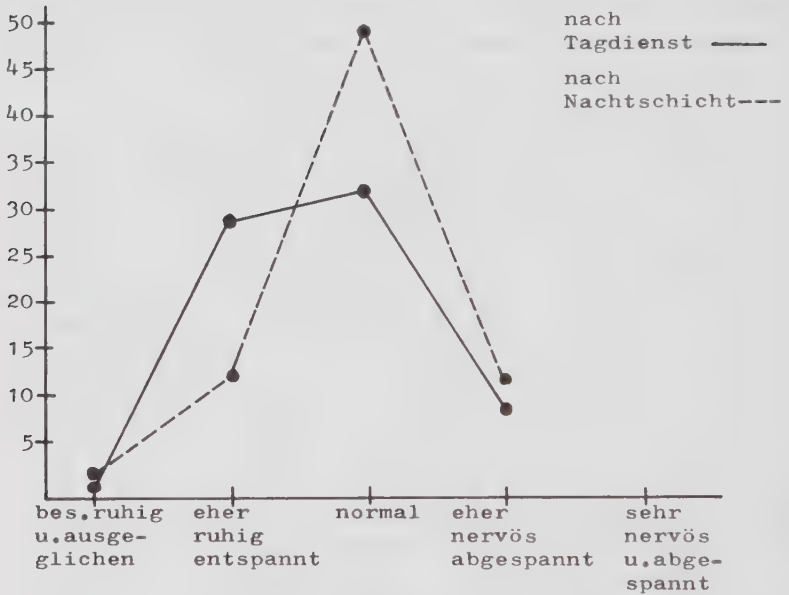


Abb. 34

Frequenzpolygon zur Frage 5 b

Frage Nr. 6: "Wurden Sie heute bzw. heute nacht schneller müde als sonst?"

Nach Tagdienst wird diese Frage 8 mal mit "ja" und 63 mal mit "nein" beantwortet. Nach Nachtschicht lauten 18 Antworten "ja" und 50 "nein". Damit zeigt sich die bereits beschriebene Tendenz bestätigt. Außerdem deutet sich an, daß die Vpn zur Zeit der Experimente in der überwiegenden Mehrzahl "normale" Tag- bzw. Nachtdienste absolvierten und somit zu dieser Zeit keinen übermäßigen Belastungen ausgesetzt waren.

3.7.3. Fragebogen Nr. 3

Ähnlich wie Fragebogen Nr. 2 enthält der Fragebogen Nr. 3 einige Fragen mit Redundanz-Charakter, um eine Tendenz klarer hervortreten zu lassen bzw. lückenhaften Angaben vorzubeugen.

Die Verteilung der Antworten auf die Fragen 1 a und 1 b ist den Abbildungen 35 und 36 zu entnehmen.

Frage Nr. 1a: Wie haben Sie geschlafen im Vergleich
zu Ihrem gewöhnlichen Nachtschlaf zu Hause?

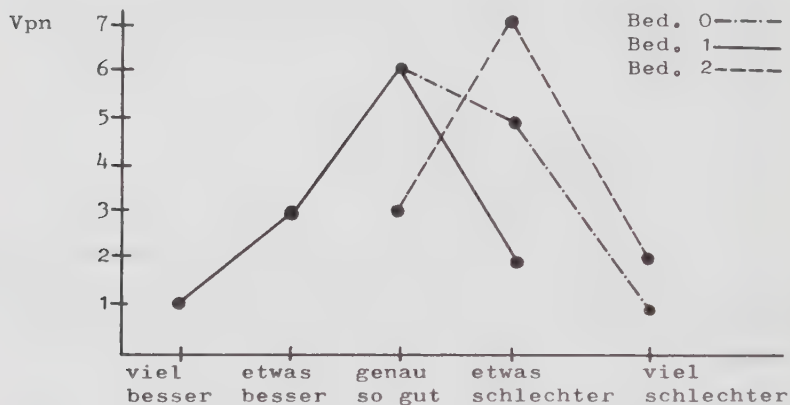


Abb. 35

Angaben zur Frage 1 a

(Bed. 0 = Eingewöhnungsregistrierung

Bed. 1 = Schlaf unter Ruhebedingungen,

Bed. 2 = Schlaf unter Lärmbedingungen)

Man erkennt, daß der first night effect und die Lärmstimulation die subjektive Schlafqualität beim Nachtschlaf in etwas unterschiedlichem Maße beeinflussen. Bei der Eingewöhnungsregistrierung schläft die Hälfte der Vpn "genau so gut", 5 Vpn schlafen "etwas schlechter", 1 Vp "viel schlechter". Bei der folgenden Registrierung entsprechen die Antworten etwa einer

Normalverteilung. Beim lärmgestörten Schlaf verschiebt sich das Bild in Richtung der verschlechterten subjektiven Schlafqualität. Wie aus Abbildung 36 ersichtlich ist, ergeben sich bei den Tagschlafversuchen andere Verteilungen.

Frage Nr. 1b: Wie haben Sie geschlafen im Vergleich zu Ihrem gewöhnlichen Tagschlaf zu Hause?

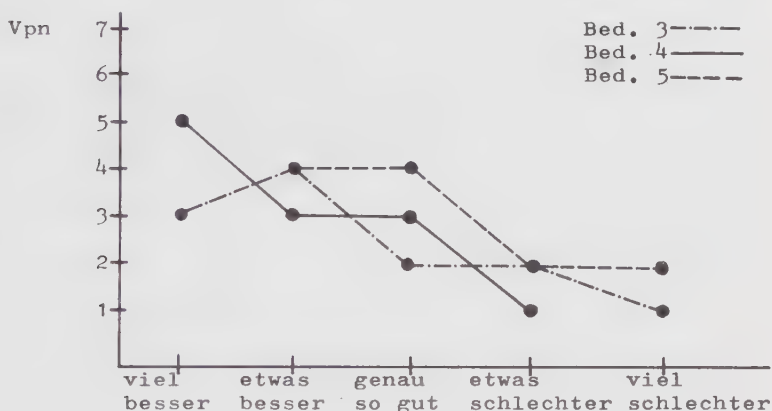


Abb. 36

Angaben zur Frage 1 b

(Bed. 3 = Eingewöhnungsregistrierung,

Bed. 4 = Schlaf unter Ruhebedingung,

Bed. 5 = Schlaf unter Lärmbedingung)

Bei der Eingewöhnungsregistrierung empfinden 7 Vpn den Schlaf als verbessert. Den folgenden Schlaf im Laboratorium beurteilen die Vpn durchschnittlich noch besser: 5 Vpn geben "viel

besser", 3 Vpn "etwas besser" an. Selbst den lärmgestörten Schlaf empfinden 4 Vpn "etwas besser" und 4 Vpn "genau so gut" wie den gewöhnlichen Tagschlaf zu Hause.

Um die subjektive Beurteilung des lärmgestörten Nacht- bzw. Tagschlafs exakter vergleichen zu können, wurde bei den Fragen 1 c und 1 d der jeweils vorausgegangene Schlaf als Bezugspunkt gewählt. Die Verteilung der Antworten ist in Abbildung 37 dargestellt.

Frage Nr. 1c und 1d: Wie haben Sie geschlafen im Vergleich zum vorausgegangenen Tag- bzw. Nachtschlaf im Labor?

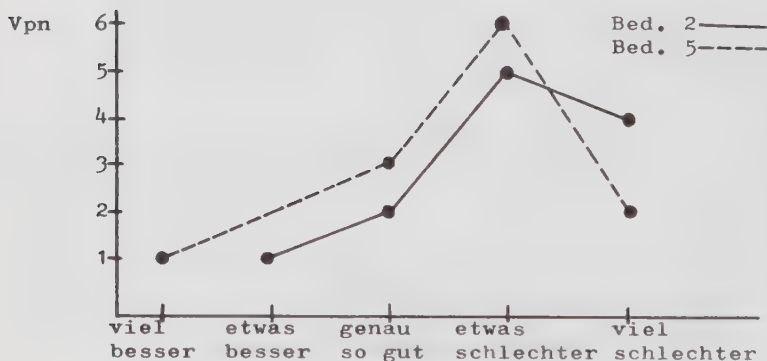


Abb. 37

Angaben zu den Fragen 1 c und 1 d

Wie bereits dargestellt wurde, sind die subjektiven Störwirkungen der Lärmeinspielung beim Tagschlaf merklich geringer. Das deutet sich wieder durch die Antworten auf die Fragen 1 a und 1 b indirekt an und wird durch die Angaben der Fragen 1 c und 1 d nochmals bestätigt.

Ebenso zeigen die Angaben zu den Fragen 2 a - c, die dem Befinden nach dem Erwachen gelten, daß sich die Verteilungen bei den Tag- bzw. Nachtschlafversuchen in typischer Weise unterscheiden. Beim Nachtschlaf sind die Verteilungen der Angaben bei den 3 Versuchsbedingungen jeweils nach rechts verschoben, d.h. first night effect und Lärmeinspielung verschlechtern das Befinden nach dem Erwachen. Jedoch ist nach dem gestörten Schlaf keine starke Beeinträchtigung des Befindens zu erkennen; lediglich eine Vp gibt an, sie fühle sich "viel schlechter".

Frage Nr. 2a: Wie fühlen Sie sich jetzt im Vergleich zu
Ihrem gewöhnlichen Nachtschlaf zu Hause?



Abb. 38

Angaben zur Frage 2 a

Bei den Tagschlafregistrierungen zeigen die Verteilungen der
Angaben analog zur Frage 1 b weniger deutliche Unterschiede.

Frage Nr. 2b: Wie fühlen Sie sich jetzt im Vergleich zu
Ihrem gewöhnlichen Tagschlaf zu Hause?



Frage Nr. 2c: Wie fühlen Sie sich jetzt im Vergleich
zur vorletzten Schlafregistrierung?

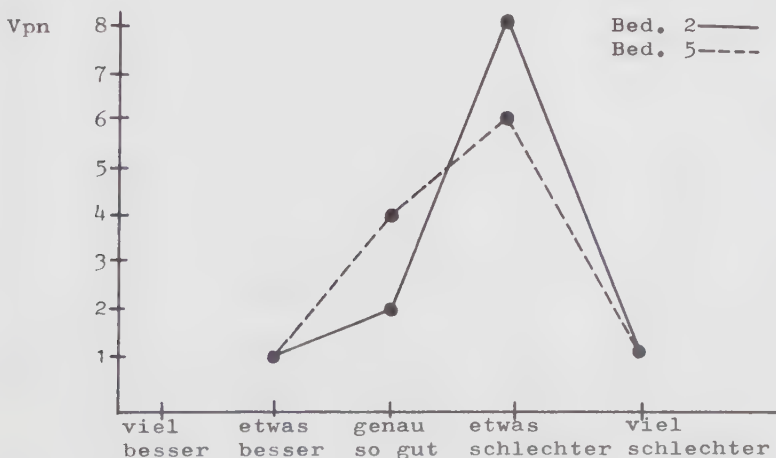


Abb. 39 und 40

Angaben zu den Fragen 2 b und 2 c

Frage Nr. 3: "Wie lange haben Sie vor dem Einschlafen
schätzungsweise wachgelegen?"

Diese Frage eignete sich, die Fähigkeit der Vpn
zur Schätzung der Dauer der Einschlafphase zu untersuchen
(Tabelle 6).

TABELLE 6: Einschlafdauer, geschätzt und gemessen bei 5 Ver-
suchsbedingungen, in min.

	Bed. 1	Bed. 2	Bed. 3	Bed. 4	Bed. 5	
Vp 1	5	15	10	sof.	5	geschätzt
	9	16	9	3	5	gemessen
Vp 2	-	15	10	-	65	
	-	9	16	-	53	
Vp 3	sof.	sof.	-	-	-	
	3	2	-	-	-	
Vp 4	15	45	5	10	5	
	16	27	1	7	5	
Vp 5	-	-	sof.	sof.	sof.	
	-	-	9	4	4	
Vp 6	10	10	10	10	10	
	16	18	11	7	25	
Vp 7	30	45	sof.	sof.	sof.	
	54	54	13	14	22	
Vp 8	10	30	10	sof.	5	
	25	46	2	5	1	
Vp 9	40	60	20	20	30	
	19	24	8	5	17	
Vp 10	30	30	sof.	sof.	sof.	
	30	25	5	1	5	

TABELLE 6 Fortsetzung

	Bed. 1	Bed. 2	Bed. 3	Bed. 4	Bed. 5
Vp 11	10	-	10	5	15
	16	-	11	8	10
Vp 12	5	30	10	5	2
	16	21	15	5	3

Von den 52 Angaben in Tabelle 6 sind 28 auf ± 5 Minuten genau. Man sieht, daß diese Vpn ihre Einschlafdauer im allgemeinen gut einschätzen.

Frage Nr. 4: "Sind Sie kurz nach dem Einschlafen wieder wach geworden, d.h. ist Ihr Einschlafen unterbrochen worden?"

Die Angaben zu dieser Frage ließen bei den Versuchen mit Lärmeinspielung keine merklichen Unterschiede im Vergleich zu den Schlafregistrierungen unter Ruhebedingungen erkennen. Außerdem lauteten die Antworten in der überwiegenden Mehrzahl "weiß nicht" bzw. "nein".

Frage Nr. 5: "Wie oft wurden Sie wach?" (etwa . . mal, weiß nicht)

Frage Nr. 5 a: "Hatten Sie Schwierigkeiten mit dem Wiedereinschlafen?" (ja, nein)

Frage Nr. 5 b: "Wie lange lagen Sie wach?" (nur kurz, länger, sehr lange, etwa . . min, weiß nicht)

Die Angaben zu diesen Fragen sind in Tabelle 7 zusammengestellt. Die erste Angabe bezieht sich jeweils auf Frage 5,

die folgende auf Frage 5 a, die dritte auf Frage 5 b. Es sind die Schlafregistrierungen unter Ruhebedingungen mit den Registrierungen unter Lärmbedingungen verglichen.

Es zeigen sich jedoch wie bei den objektiven Befunden nur geringe Unterschiede zwischen den ungestörten und gestörten Schlafversuchen im Hinblick auf Anzahl und Dauer der Wachphasen.

TABELLE 7: Angaben zu den Fragen 5, 5 a und 5 b bei 4 Versuchsbedingungen
(Erläuterung siehe Text)

	Bed. 1	Bed. 2	Bed. 4	Bed. 5	
Vp 1	1 mal	3 mal	0 mal	w.n.	Frage 5
	nein	ja	-	-	Frage 5 a
	-	länger	-	-	Frage 5 b
Vp 2	w.n.	5 mal	w.n.	w.n.	
		nein	nein	nein	
		-	w.n.	-	
Vp 3	0 mal	w.n.	1 mal	w.n.	
	-	-	nein	-	
	-	-	w.n.	-	
Vp 4	3-4 m.	0 mal	2 mal	2-3 m.	
	nein	-	nein	nein	
	kurz	-	kurz	kurz	
Vp 5	w.n.	w.n.	w.n.	w.n.	
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
Vp 6	3 mal	6-8 m.	3-4 m.	w.n.	
	nein	ja	ja	-	
	kurz	2 30 min	länger	-	

TABELLE 7 Fortsetzung

	Bed. 1	Bed. 2	Bed. 4	Bed. 5
Vp 7	w.n.	5 mal	5 mal	3 mal
	-	ja	nein	nein
	-	kurz		kurz
Vp 8	w.n.	2 mal	w.n.	1 mal
	w.n.	ja	nein	ja
	-	w.n.	-	w.n.
Vp 9	w.n.	w.n.	w.n.	w.n.
	nein	nein	nein	nein
	w.n.	w.n.	w.n.	w.n.
Vp 10	w.n.	w.n.	w.n.	w.n.
	nein	nein	w.n.	ja
	kurz	kurz	-	länger
Vp 11	w.n.	w.n.	w.n.	2 mal
	nein	nein	nein	ja
	kurz	kurz	kurz	länger
Vp 12	1 mal	2 mal	0 mal	0 mal
	nein	w.n.	-	-
	kurz	-	-	-

Die Angaben zum Fragenkomplex 6 (Haben Sie geträumt? Sind Sie während oder durch das Träumen aufgewacht? Können Sie sich an Träume erinnern?) lassen keine Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsbedingungen erkennen. Bei der Auswertung der Fragebögen zeigte sich, daß die Vpn den Fragen nach Schlafqualität und Lärmeffekten mehr Aufmerksamkeit geschenkt hatten, als den Fragen nach Art und Anzahl der Träume, die teilweise etwas undifferenziert und lückenhaft beantwortet worden waren.

Frage Nr. 7 c: "Erwachten Sie spontan? Wenn nicht, wodurch wurden Sie geweckt?"

Nach den nächtlichen Schlafversuchen mit Lärmstimulation geben nur 2 Vpn an, sie seien durch den Lärm geweckt worden. 10 Vpn geben an, sie seien spontan erwacht oder geweckt worden. Nach dem lärmgestörten Tagschlaf glauben 3 Vpn, sie seien durch Lärm wach geworden. 9 Vpn beantworten die Frage 7 c mit "ja".

Schlafdauer zu Hause und im Laboratorium

Den Fragebögen ist weiter zu entnehmen, daß die Vpn nachts durchschnittlich 8 Stunden 6 Minuten schlafen. Der entsprechende Durchschnittswert im Laboratorium beträgt 7 Stunden 53 Minuten. Nach Nachtdienst ist die mittlere Schlafdauer zu Hause 7 Stunden und damit um etwa 30 Minuten länger als der entsprechende Wert im Laboratorium. Dieser Unterschied ist vermutlich dadurch zu erklären, daß die Versuchsvorbereitungen immer ca. 30 Minuten dauerten und der Laboratoriumsschlaf mit Verzögerung begann. Es muß in diesem Zusammenhang betont werden, daß die angegebenen Werte auch während der Versuche im Laboratorium den Fragebögen entnommen wurden und somit mit den registrierten Daten nicht genau übereinstimmen.

4. Diskussion

Die vorliegende Untersuchung hatte folgende Zielsetzung:

- Sie sollte:
1. Die Wirkung von Straßenverkehrslärm auf den natürlichen Nachtschlaf und auf den Tagschlaf nach Nachtschicht mit objektiven und subjektiven Daten erfassen.
 2. Einen Beitrag zur Phänomenologie des Tag-schlafs liefern.
 3. Den Effekt einer neuen Umgebung auf den Tag-schlaf, den sog. first night effect, beschreiben.

4.1. Literaturvergleich

Zur Frage der Lärmwirkung wurde festgestellt, daß kontinuierliche Stimulation weder den Einschlafprozeß verzögert, noch die Anzahl der Wachphasen erhöht oder deren Dauer verlängert, jedoch eine beträchtliche Schlafverflachung zur Folge hat.

Der Befund der Schlafverflachung als Wirkung der Lärmbeeinflussung bestätigt die Ergebnisse anderer Autoren.

OSADA (47) berichtet von einer Verminderung der mittleren Schlaftiefe um etwa 20 %.

O'BRIEN (46) schreibt zu diesem Problem: "Es ist bemerkenswert, daß die Versuchspersonen nicht notwendigerweise während der akustischen Stimulation erwachten, sondern daß sie vom "Tiefschlaf" zum "leichten" Schlaf wechselten."

In der Untersuchung von KNAUTH und RUTENFRANZ (29) zeigte sich eine Verminderung von Stadium 4 von 52 auf 25 Minuten

beim Nachtschlaf, von 71 auf 39 Minuten beim Tagschlaf. Gleichzeitig erhöhten sich die Anteile von Stadium 3. Diese Autoren verwendeten Straßenverkehrslärm und von Kindern verursachten Lärm in Form von Einzelreizen. Einzelreize scheinen also größere Wirkung als ein kontinuierlicher Geräuschpegel zu haben. KNAUTH und RUTENFRANZ untersuchten nämlich dieselbe Altersgruppe (21 - 24 Jahre) und benutzten zur Stimulation Lautstärken in derselben Größenordnung (60 - 80 dB).

Somit stellt sich die Frage, ob ein kontinuierlicher Geräuschpegel eine Adaption zur Folge hat und daraus eine Verminderung der Störwirkung resultiert.

Wenn man einem Organismus einen neuartigen akustischen Reiz präsentiert, so kann man nach SOKOLOV (58) einen sog. "Orientierungsreflex" auslösen. Wenn dieser Stimulus wiederholt wird und keine wichtige Information enthält, so läßt sich eine Verminderung der physiologischen Reizantwort beobachten. Der "generalisierte Orientierungsreflex" verändert sich in einen "lokalisierten Orientierungsreflex". Dieser lokalisierte Reflex kann entweder verschwinden oder wird durch eine "adaptive Reaktion" ersetzt.

Die zeitliche Analyse der Tiefschlafreduktion zeigte, daß sich die Lärmstörung erst im zweiten und in den folgenden Zyklen bemerkbar machte, also etwa zwei Stunden nach Schlafbeginn. Die Zunahme der Störwirkung bzw. die Erniedrigung der Reaktionsschwelle mit zunehmender Schlafdauer spricht zunächst gegen die Möglichkeit der Adaption.

FIRTH (21) dagegen, der in den Stadien 2, 4 und REM mit einem 1000 Hz Ton von 70 dB eine Sekunde lang reizte und K-Komplexe und Alphawellen als Kriterien verwendete, zieht den Schluß, daß Adaption im Schlaf möglich ist, wenn die Reizabstände gering sind (10 sec).

Wichtig in diesem Zusammenhang erscheint eine Studie von GLOBUS et al (25).

6 Ehepaare mittleren Alters, die bereits mehrere Jahre in der Nähe des Flughafens von Los Angeles wohnten, wurden zu Hause auf das Schlafverhalten untersucht und 5 vergleichbaren Ehepaaren gegenübergestellt, die mehrere Meilen vom Flughafen entfernt wohnten. Die Flughafenanwohner verbrachten weniger Zeit in den Stadien 3 und 4 und einen größeren Teil des Schlafes in den Stadien 1 oder 0. Gemessen an der großen individuellen Variabilität erreichten nur folgende Unterschiede statistische Signifikanz: Verminderung der Stadien 2, 3, 4 und REM ("useful sleep") und Erhöhung von Stadium 1.

Ebenfalls keine Lärmadaption fand THIESSEN (60), der 3 Versuchspersonen den Lärm vorbeifahrender Lastkraftwagen (65 dB (A)) präsentierte. Er stellte außerdem bei Erhöhung der Intensität (40 - 70 dB (A)) eine Zunahme der Reizantworten fest, die in 4 Stufen definiert war.

Man kann aus diesen Arbeiten den Schluß ziehen, daß Adaption wohl nur unter weitgehend konstanten Bedingungen auftritt, die aber in der Praxis nur äußerst selten gewährleistet sein können.

Der Befund der stärker werdenden Wirkung des Lärms im Verlauf der Nacht auf den tiefen Schlaf bekräftigt auch die Befunde von RECHTSCHAFFEN et al (51), LUKAS und KRYTER (38) und SHAPIRO (56), daß die Weckschwellen unabhängig von den Schlafstadien geringer werden.

Doch ergibt sich ein Widerspruch zur Untersuchung von LEVERE und Mitarbeitern (35), in der eine höhere Beeinflussbarkeit im ersten und im letzten Drittel des Schlafes festgestellt wurde. In dieser Studie wurde nicht die Schlafstadieneinteilung nach RECHTSCHAFFEN und KALES (52) herangezogen, sondern die Nulldurchgänge im EEG mit Hilfe eines Computerprogramms quantitativ gemessen. Die Schlafdauer wurde auf 6 Stunden festgelegt und in drei Perioden von jeweils 2 Stunden

Dauer unterteilt. In jeder Periode erfolgten drei Stimulationen, die statistisch auf 15-Minuten-Intervalle verteilt waren. Es durften allerdings innerhalb von 15 Minuten nicht mehr als 2 Reize erfolgen.

Diese Ergebnisse können durch den starren Versuchsplan bedingt gewesen sein, der die individuellen Schlafgewohnheiten, insbesondere die Schlafdauer nicht berücksichtigte. Das kann eine Störung des Schlafablaufs zur Folge gehabt haben.

OSADA (47) zog nicht nur das EEG zur Beurteilung der Lärmbeeinflussung heran, sondern bestimmte zusätzlich die Leukozyten. Er fand einen signifikanten Abfall der Eosinophilen, was auf eine stressbedingte Ausschüttung von Corticosteroiden zurückzuführen ist.

Verminderung der mittleren Schlaftiefe um etwa 20 % und Eosinophilensturz erfolgten bereits bei Intensitäten von 40 und 55 dB(A). Da die untere Grenze des Lautstärkepegels in der vorliegenden Studie (56 dB(A)) dem Maximum der japanischen Untersuchung entsprach, sind diese Effekte beträchtlich.

Betrachtet man die Ergebnisse im Hinblick auf die Unterschiede der Lärmeffekte beim Tag- und Nachtschlaf, so ergeben die relativ geringen Mittelwertsdifferenzen keinen signifikanten Hinweis auf die Bestätigung der Arbeitshypothese. Man hatte erwartet, daß beim Tagschläfer die Stimulation größere Wirkung haben würde, da nach 3 bzw. 4 Tagen Nachtdienst keine Umkehrung der vegetativen Rhythmik zu erwarten ist und somit der Tagschläfer bezüglich der circadianen Schwingung "außer Phase" ist. ASCHOFF (5) schreibt dazu: "Die nichtunterbrochenen Kontakte zur Umwelt sind, zusammen mit der Kenntnis der wahren Uhrzeit, für die Phasenlage des circadianen Oszillators entscheidender als der Tätigkeitsrhythmus. Der Schichtarbeiter lebt in Konflikt mit den an die Arbeitszeit geknüpft-

ten Einflüsse, die den Oszillator verschieben möchten, und der Tatsache, daß die soziale Umwelt zusammen mit den natürlichen Zeitgebern (unter denen möglichenfalls das Tageslicht eine besondere Rolle spielt) den Oszillator in seiner natürlichen Phasenlage festzuhalten sucht. Messungen an Schichtarbeitern haben nämlich gezeigt, daß sich die Rhythmen der Körpertemperatur, des Stoffwechsels, der Harnausscheidung, der Eosinophilen und der Plasmacorticosteroide nur wenig ändern."

Daß der Einfluß der circadianen Rhythmik eine Verkürzung des Tagschlafs bewirkt, konnte in dieser Untersuchung im Gegensatz zu anderen Untersuchungen nicht bestätigt werden.

RUTENFRANZ (53), MENZEL (42) und BRYDEN (10) beschrieben eine Verkürzung der Schlafdauer nach Nachtschicht. Allerdings ist das Ergebnis der vorliegenden Studie mit Vorsicht zu interpretieren, da 5 Versuchspersonen bei den Nachtschlafuntersuchungen am Morgen zum Dienstbeginn geweckt werden mußten. Andererseits ergab die Befragung der Versuchspersonen, daß die mittlere Schlafdauer des gewöhnlichen Tagschlafs zu Hause im Vergleich zum Laboratoriumsschlaf um etwa 30 Minuten verlängert war. Dieser Unterschied ist dadurch zu erklären, daß die Schlafregistrierungen wegen der Versuchsvorbereitungen jeweils mit etwa 1/2 stündiger Verspätung im Vergleich zum Schlaf zu Hause begannen. Das bedeutet, daß die Versuchsbedingungen tags möglicherweise ebenfalls eine Schlafverkürzung zur Folge hatten. Dadurch könnte der Fehler, der durch Aufwecken einiger Versuchspersonen entstanden ist, wieder kompensiert worden sein.

Die Ergebnisse von WEBB (62), WEITZMAN (64) und KRIPKE (64), daß die Schlafstadienverteilung beim Tag- und Nachtschlaf keine deutlichen Unterschiede aufweist, konnten bestätigt werden.

BRYDEN (10) jedoch beschrieb eine Erhöhung des Stadiums 1 und eine Verminderung des Stadiums 4 beim Tagschlaf. Diese abwei-

chenden Ergebnisse waren vermutlich dadurch bedingt, daß BRYDENS Versuchspersonen während der Nachtarbeit kurze Schlafpausen einlegten. Auch dieser Autor sowie EHRENSTEIN et al (19), WEBB (62) und WEITZMAN (64) fanden ein beschleunigtes Einschlafen beim Tagschlaf.

Die signifikante Verkürzung der Schlafzyklen am Tage wurde bereits von EHRENSTEIN et al beschrieben, konnte aber von WEBB (62), WEITZMAN (64), KNAUTH und RUTENFRANZ (29) nicht bestätigt werden. Die Zyklenverkürzung könnte Ausdruck einer erhöhten Stoffwechselgeschwindigkeit während des Tages sein oder sekundär den Einfluß der circadianen Periodik mit dem Ziel der Resynchronisation darstellen. Wenn man den beschleunigten Ablauf der Schlafzyklen nur dem Einfluß der circadianen Rhythmik zuschreibt, dann ist der Widerspruch zu den genannten Arbeiten nicht zu klären. In den drei letztgenannten Untersuchungen wurden die Versuchspersonen entweder mit Vigilanztests beschäftigt oder leisteten Schichtarbeit unter experimentellen Bedingungen, während bei EHRENSTEIN et al (19) und in dieser Studie Krankenschwestern und Pfleger untersucht wurden, die zu dieser Zeit ihrer normalen Tätigkeit nachgingen, so daß sie sicher einer erhöhten Belastung ausgesetzt waren. Unter diesem Gesichtspunkt könnte die Schlafzyklenverkürzung wohl eher als Folge einer gesteigerten Ermüdung bzw. eines Schlafdefizits angesehen werden.

WOITCZAK-JAROSZOWA und BRYKALSKI (67) konnten zeigen, daß bei gleichem Arbeitstempo Nachtarbeit einen erhöhten Energieaufwand erfordert. Die Befragung der Versuchspersonen zeigte ebenfalls eine gesteigerte subjektive Ermüdung bei der Nachtschicht. Eine Anteilserhöhung von Stadium 4 beim Tagschlaf als Folge einer erhöhten Ermüdung deutete sich an, konnte jedoch nicht statistisch gesichert werden.

Die Lärmeinspielung beim Tagschlaf wirkte überraschenderweise im Vergleich zum ungestörten Tagschlaf nicht schlafverkürzend, lediglich eine Verkürzung im Vergleich zum ge-

störten Nachtschlaf erwies sich als signifikant.

Es zeigte sich beim Schlaf während des Tages keine Beeinflussung des mittleren Tiefschlafstadiums (Stadium 3). Es wurden in erster Linie die Stadien 4 und REM reduziert.

Wie Schlafentzugsexperimente beweisen, ist diesen beiden Stadien wohl eine besondere Bedeutung zuzuschreiben, obwohl man die Frage nach der "Qualität" des Schlafes noch nicht gütig beantworten kann.

AGNEW et al (1) fanden, daß nach Stadium-4-Entzug in den Erholungs Nächten Stadium 4 erhöht ist. BAEKLAND und LASKY (7) beschrieben eine Erhöhung des Deltaschlafs nach großer körperlicher Anstrengung.

SASSIN et al (54) berichteten, daß der Plasmaspiegel des Wachstumshormons in Stadium 4 erhöht ist. Da das Wachstumshormon die Synthese von Ribonukleinsäure und Protein fördert (31), spielt Stadium 4 offenbar eine wichtige Rolle bei der Regeneration. Neben diesen biochemischen Aspekten beschrieb AGNEW (3) in einer späteren Untersuchung depressive und hypochondrische Reaktionen bei Versuchspersonen nach Stadium-4-Entzug.

Die Berichte über Verschlechterung des psychischen Befindens nach REM-Entzug sind etwas widersprüchlich. DEMENT (17) beschrieb 1960 deutliche Verhaltensänderungen bei Versuchspersonen nach REM-Entzug. Dagegen konnten KALES et al (27) keine psychischen Änderungen als Folge des Entzugs des Stadiums mit schnellen Augenbewegungen zeigen. In einer späteren Arbeit fanden CLEMES und DEMENT (13) keine Unterschiede hinsichtlich der Auswirkungen von REM- bzw. Stadium-4-Entzug.

FISHBEIN (22) vertritt die Auffassung, daß der REM-Schlaf einen Mechanismus zur Speicherung von Information im Langzeitgedächtnis darstellt. Mäuse zeigten nach REM-Entzug eine verminderte Synthese von cerebralen Makromolekülen.

Derselbe Autor stellte außerdem in sog. "One trial passive avoidance"-Versuchen bei Mäusen nach REM-Entzug retro-

grade Amnesie fest.

EMPSON et al (18) fanden, daß REM-Entzug in den Speichungsprozeß von Informationsmaterial, das vor dem Schlaf gelernt wurde, eingreift.

In einer Studie von EVANS et al (20) konnte gezeigt werden, daß während einer REM-Periode gegebene Instruktionen in Erinnerung behalten wurden und in REM-Perioden derselben Nacht der folgenden Nächte und sogar Monate später korrekt ausgeführt wurden.

Unter den Gesichtspunkten von Schlafentzugsexperimenten kann die Lärmstörung als Teilentzug von Schlafstadien beschrieben werden, die eine wichtige Funktion zur Regeneration und Aufrechterhaltung der psychischen Leistungsfähigkeit erfüllen.

Die Wirkung einer ungewohnten Umgebung auf das EEG-Schlafstadienmuster, der sog. first night effect, äußerte sich beim Tagschlaf durch Reduktion des REM-Schlafes und durch verzögerten Beginn der ersten Phase des Deltaschlafs (Stadium 4).

Diese Befunde bestätigten die Ergebnisse von AGNEW et al (2), doch äußerte sich der first night effect bei der Untersuchung dieser Autoren außerdem durch Verzögerung des Eintritts der ersten REM-Phase und Erhöhung der interponierten Wachphasen. Damit zeigten sich die Wirkungen in dieser Untersuchung etwas abgeschwächt.

4.2. Subjektive Angaben und objektive Daten

Die subjektiven Angaben der Versuchspersonen zur Lärmeinwirkung zeigten, daß die Reaktionen sehr unterschiedlich waren. Die Antworten auf die Frage "Wie empfanden Sie

den Lärm?" reichten von "nicht störend" bis "unerträglich". Das Durchschlafen sei bei einigen "erheblich gestört", bei einer Versuchsperson sogar "besser als ohne Lärm" gewesen. Außerdem zeigten die Angaben die Tendenz, daß die Lärmempfindung während des Nachtschlafs störender als während des Tagschlafs empfunden wurde. Teilweise standen aber auch die subjektiven Angaben im Widerspruch zu den objektiven Daten. In diesem Zusammenhang stellen sich einige wichtige Fragen, die einer näheren Betrachtung bedürfen.

Als Voraussetzung für die subjektive Wirkung einer akustischen Stimulation während des Schlafes darf gelten, in wie weit der Organismus in der Lage ist, diese Sinneseindrücke aufzunehmen und im Gedächtnis zu speichern.

KOUKOU und LEHMAN (32) untersuchten Einzelheiten der EEG-Charakteristiken, die mit reproduzierbarer Gedächtnisspeicherung verbunden waren, wobei sie Versuchspersonen während des Deltaschlafes gesprochene Worte in Form von kurzen Sätzen präsentierten. Die Präsentation des Materials verursachte entweder keine EEG-Aktivierung oder hatte vorübergehende Aktivierungen verschiedener Dauer zur Folge, bevor das ursprüngliche EEG-Muster wiederkehrte. Sie verglichen Dauer der EEG-Aktivierung nach der Darbietung des zu lernenden Materials mit der Qualität des Lernvorgangs, die nach Schlafende getestet wurde. Sie fanden, daß längere EEG-Aktivierungen immer mit einer besseren Qualität der Erinnerung verbunden waren. In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen zeigte die Frequenzanalyse des EEGs, daß eine verbesserte Qualität der Erinnerung mit höheren EEG-Frequenzen nach der Stimulusdarbietung korrelierte. Außerdem zeigte sich, daß im orthodoxen Schlaf präsentierte Stimuli wenigstens einen kurz dauernden Alparhythmus hervorrufen müssen, um im Gedächtnis gespeichert zu werden (33).

Im Falle der vorliegenden Studie waren die durch Lärm verursachten Aktivierungen im Sinne einer Schlafverflachung

entweder zu kurz oder die Frequenzbeschleunigung nicht stark genug, um im Gedächtnis gespeichert zu werden. Die Versuchspersonen können die Stimulation während kurzer Perioden zwar wahrgenommen haben, konnten sich aber nach dem Erwachen nicht mehr daran erinnern.

So könnte erklärt werden, daß 6 Versuchspersonen nach der Lärmeinspielung beim Tagschlaf, 4 Versuchspersonen beim Nachtschlaf trotz teilweise erheblicher Tiefschlafreduktion erklärten, der Lärm sei "nicht störend" gewesen, und sie hätten gut geschlafen.

Die subjektiven Angaben ließen die Tendenz erkennen, daß der Lärm beim Nachtschlaf störender als während des Tagschlafs empfunden wurde. Außerdem waren die Versuchspersonen beim Nachtschlaf eher in der Lage, den dargebotenen Lärm zu charakterisieren. Nachts hatten 6 Versuchspersonen, tags nur 2 Versuchspersonen bemerkt, daß der Lärm hinsichtlich der Lautstärke periodisch schwankte.

In dieser Untersuchung wurden die EEG-Kurven nur nach der im Manual von RECHTSCHAFFEN und KALES (52) empfohlenen Methode ausgewertet. Nach dieser Definition der Schlafstadien geht kurzzeitig auftretender Alphasrhythmus, der nicht länger als das halbe Analysenintervall andauert, nicht in die Auswertung ein. Im REM-Stadium und in den leichten Schlafstadien 1 und 2 können also kurze als Alphasrhythmus erkennbare Aktivierungen aufgetreten sein, ohne daß sie berücksichtigt wurden. Das betrifft insbesondere Stadium 1, in dem Alphasrhythmus definitionsgemäß auftreten kann. Beispielsweise konnte sich bei den Experimenten dieser Untersuchung eine Versuchsperson an eine Pause in der Lärmeinspielung erinnern, als das Tonband umgedreht werden mußte. Sie befand sich zu diesem Zeitpunkt in Stadium 2, "erwachte" aber erst 1/2 Stunde später. Auf die Frage, ob Sie der Lärm besonders gestört hätte, gab sie zur Antwort: "Nein, aber war vorhin nicht ein Moment Ruhe?" Die

größere subjektive Wirkung könnte einmal im Zusammenhang mit der signifikanten Erhöhung der interponierten Perioden der addierten Stadien 0 und 1 beim gestörten Nachtschlaf gesehen werden. Außerdem waren nachts die Anteile von Movement Time signifikant erhöht, was beim lärmgestörten Tagschlaf nicht der Fall war. MT war definiert als dasjenige Analysenintervall, in dem die durch eine Körperbewegung der Versuchsperson verursachten Muskelartefakte und Übersteuerung des Verstärkers eine Auswertung verhinderten. Da Stadium 1 sehr häufig nach MT auftritt, können auch diese Perioden die subjektive Komponente der Störwirkung verstärkt haben.

Beim Vergleich einzelner Schlafstiefenkurven mit den subjektiven Angaben fällt auf, daß bei unterschiedlichen Angaben beim Tag- bzw. Nachtschlaf jeweils derjenige Schlaf als stärker gestört empfunden wurde, bei dem auch der Einschlafprozeß mehr verzögert war.

Vp Nr. 4 bezeichnete den Lärm tags als "nicht störend", nachts als "sehr störend". Diese Vp erreichte das Stadium 2 nachts erst nach etwa 30 Minuten, beim lärmgestörten Tagschlaf bereits nach 5 Minuten.

Vp Nr. 6 gab nach der nächtlichen Lärmapplikation an, der Lärm sei "sehr störend" gewesen, nach dem entsprechenden Tagschlaf gab sie jedoch "unerträglich" an.

Vp Nr. 2 bezeichnete den Lärm während des Tagschlafes als "wesentlich unangenehmer". Diese beiden Versuchspersonen schliefen beim Tagschlaf mit Verzögerung ein. Vp Nr. 2 erreichte tags das Stadium 2 erst nach 53 Minuten, beim Nachtschlaf bereits nach 9 Minuten. Bei Vp Nr. 6 wurde das Stadium 2 beim Tagschlaf nach 25 Minuten, beim Nachtschlaf nach 18 Minuten registriert.

Dagegen empfand Vp Nr. 8 den nächtlichen Lärm "unerträglich" und den Lärm beim Tagschlaf "sehr störend". Diese Versuchs-

person schlief nachts nach etwa 45 Minuten, tags bereits nach 1 Minute ein.

Der Lärm wurde also nachträglich umso störender empfunden, je länger er dem wachen Bewußtsein dargeboten worden war.

Bei einigen Versuchspersonen zeigte sich, daß die subjektiven Angaben mit den objektiven Daten übereinstimmten. Vp Nr. 12 bezeichnete den Lärm tags und nachts als "nicht störend". Der Lärm hätte außerdem nachts das Einschlafen "etwas verzögert", was dem objektiven Befund entspricht. Beim Tagschlaf gab diese Versuchsperson an, das Einschlafen sei durch Lärm "nicht verzögert", das Durchschlafen sogar "besser als ohne Lärm" gewesen. Durch den objektiven Befund konnten beide Angaben bestätigt werden. Das Einschlafen war nicht verzögert, außerdem ergaben sich im Hinblick auf die Schlafstadienanteile keine Störeffekte. Die Stadien 3, 4 und REM sind im Vergleich zum vorausgegangenen Schlaf sogar etwas verlängert, der Anteil von MT ist geringer, lediglich eine geringe Erhöhung des Anteils von Stadium 1 ist zu beobachten. Bei dieser Versuchsperson stimmten also die gemessenen Daten mit den subjektiven Angaben weitgehend überein.

Teilweise wurden aber auch Angaben gemacht, die im Gegensatz zu den objektiven Daten standen.

Beispielsweise bezeichnete Vp Nr. 8 das Einschlafen als "etwas verzögert", erreichte aber bereits nach 1 Minute das Stadium 2. Diese Versuchsperson glaubte, sie sei während der Lärmstimulation noch 5 - 10 Minuten wach gewesen.

Bei Vp Nr. 11 war der Einschlafprozeß beim gestörten Nachtschlaf um etwa 30 Minuten verzögert, beim Tagschlaf war das Einschlafen nicht beeinflußt. Bei beiden Experimenten gab diese Versuchsperson an, das Einschlafen sei "etwas verzögert" gewesen.

Neben diesen widersprüchlichen Angaben ist es außerdem bemer-

kenswert, daß bei ähnlichen objektiven Befunden die Angaben der Versuchspersonen sehr unterschiedlich sind, obwohl ein in Bezug auf das Alter sehr homogenes Probandenkollektiv untersucht wurde.

Da Denkprozesse auch im Schlaf andauern (49), ist es möglich, daß durch informationshaltige Geräusche eine psychische Beeinflussung im Sinne einer Störung erfolgen kann, die sich einer Analyse mit den angewandten Methoden entzieht. Es besteht die Möglichkeit des Einbaus des akustischen Stimulus in die geistige Aktivität beim Schlaf; das kann den Paradoxal-schlaf (REM-Schlaf) und den orthodoxen Schlaf betreffen. So konnte BERGER (9) zeigen, daß während des REM-Schlafes prä-sentiierte Personennamen z.T. in den Trauminhalt einbezogen werden.

Auf diese Weise wäre es denkbar, daß einige Versuchspersonen nach dem Erwachen nicht mehr in der Lage waren, zu unterscheiden, ob sie die Lärmstimulation vor dem Einschlafen noch bei wachem Bewußtsein wahrgenommen haben oder ob der Stimulus nach dem Einschlafen noch eine gewisse Zeit in den Gedanken-prozeß einbezogen war.

Einen anderen Aspekt der individuellen Unterschiede liefert die Studie von OSADA et al (47), deren Ergebnisse auf ein Adaptationssyndrom hinweisen. Damit könnten Streßerscheinungen bei den einzelnen Versuchspersonen unterschiedlich stark ausgelöst worden sein und so die teilweise unterschiedlichen Reaktionen verursacht haben.

Die Befragungen der Versuchspersonen im Hinblick auf die subjektive Schlafqualität beim ungestörten Tag- bzw. Nachtschlaf zeigten, daß der Tagschlaf im Laboratorium im Vergleich zum gewöhnlichen Tagschlaf zu Hause durchschnittlich als verbessert empfunden wurde. Sogar bei der Eingewöhnungs-registrierung, die jeweils am Freitag durchgeführt wurde, an dem im Institut für Arbeitsphysiologie normaler Institutsbe-

trieb herrschte, empfanden die Versuchspersonen den Schlaf durchschnittlich angenehmer als ihren Schlaf zu Hause. 3 Versuchspersonen gaben an, sie hätten "viel besser" geschlafen, 4 Versuchspersonen bezeichneten diesen Schlaf als "etwas besser". Bei der folgenden Schlafregistrierung bezeichneten 5 Versuchspersonen den Schlaf als "viel besser" und 3 Versuchspersonen als "etwas besser". Das bedeutet, daß die subjektive Komponente des first night effects nicht merklich in Erscheinung trat. Auch nach Lärmstimulation beim Tagschlaf gaben noch 4 Versuchspersonen an, sie hätten "besser", 4 Versuchspersonen, sie hätten "genau so gut" wie zu Hause geschlafen.

Beim Nachtschlaf ergab sich ein anderes Bild. Beim ersten Schlaf im Laboratorium schliefen die Versuchspersonen durchschnittlich "etwas schlechter" als zu Hause. Bei der folgenden Schlafregistrierung entsprechen die Antworten etwa einer Normalverteilung. Die Lärmstimulation bewirkte eine deutliche Verschlechterung der subjektiven Schlafqualität.

Diese Angaben zeigen, daß tags die Schlafbedingungen im Laboratorium eine merkliche Besserung der subjektiven und möglicherweise auch objektiven Schlafqualität zur Folge hatten. Die Schlafkammer war vollklimatisiert und vom Tageslicht vollständig abgeschirmt. Damit waren zwei mögliche Störfaktoren ausgeschaltet: Licht und Umgebungstemperatur. Die Versuchspersonen wurden u.a. auch befragt, unter welchen Lichtverhältnissen sie normalerweise zu Hause schlafen. 3 Versuchspersonen bzw. 8 Versuchspersonen gaben an, sie würden das Tageslicht beim Tagschlaf nicht bzw. nur mäßig abschirmen. Lediglich 1 Versuchsperson schirmte das Tageslicht vollständig ab.

Das legt die Vermutung nahe, daß Licht und Temperatur den Schlaf während des Tages zu Hause möglicherweise entscheidend beeinflußt haben.

4.3. Schlußfolgerungen

Die Lärmstimulation kann trotz des objektiven Befundes der Schlafverflachung keine oder nur geringe subjektive Wirkungen haben. Es kann also eine beträchtliche Schlafstörung, die als Teilentzug von Schlafstadien angesehen werden kann, erfolgen, ohne daß der Schläfer dies in Erinnerung behält. Deshalb kann das subjektive Urteil über die Änderung der Schlafqualität durch Lärmbeeinflussung allein kein Maßstab sein.

Angesichts der großen individuellen Unterschiede der subjektiven Störwirkungen und der im Vergleich zum objektiven Befund teilweise widersprüchlichen Angaben, erscheint es angebracht, die Auswahl der Bewertungskriterien zu überdenken. Z. B. sollte kurzzeitig auftretender Alpharhythmus, der nach der Schlafstadiendefinition von RECHTSCHAFFEN und KALES (52) unberücksichtigt bleibt, mit in die Auswertung eingehen. Durch die Einbeziehung weiterer objektiver Kriterien, z. B. eine genauere Analyse der Körperbewegungen, könnte eine verfeinerte Diagnostik der Lärmeffekte auf den Schlaf erreicht werden.

Nachdem die Studie von OSADA (47) auf lärmbedingte Streßerscheinungen hinweist, erscheint es wichtig, Indikatoren der psychischen Belastung mit zu verwenden. Es muß außerdem darauf hingewiesen werden, daß in der vorliegenden Untersuchung Beobachtungen einer Altersgruppe gemacht wurden, die nach den Studien von COLLINS und IAMPIETRO (14), LUKAS und KRYTER (40) gegenüber Lärmstörungen relativ unempfindlich ist. Weiteren Untersuchungen bleibt es überlassen, die Fragen der erhöhten Lärmempfindlichkeit mit zunehmendem Alter zu klären.

5. Zusammenfassung

6 weiblichen und 6 männlichen Versuchspersonen im Alter von 21 - 26 Jahren ($M = 22.8$ J.), die dem Pflegepersonal eines Münchner Krankenhauses angehörten und von Zeit zu Zeit Nachtdienst verrichteten, wurde unter kontinuierlicher Registrierung von Elektroenzephalogramm, Elektrookulogramm und Elektromyogramm (Methode nach RECHTSCHAFFEN und KALES (52)) während des Nachtschlafs und während des Tagschlafs nach Nachtschicht Straßenverkehrslärm per Tonband dargeboten. Die Lärmeinspielung erfolgte ununterbrochen mit einer mittleren Intensität von 63 dB(A), wobei die Intensität periodischen Schwankungen unterworfen war; 56 dB(A) wurden nicht unterschritten, und die Spitzenwerte lagen bei 78 dB(A). Daneben wurden auch der natürliche Nachtschlaf und der ungestörte Tagschlaf nach Nachtschicht registriert und die subjektiven Angaben der Versuchspersonen auf Fragebögen festgehalten.

Die EEG-Kurven wurden visuell ausgewertet. Die Daten wurden mit Hilfe von Lochkarten einem Computer zugeführt und zeichnerisch und rechnerisch ausgewertet.

Dabei ergab sich:

1. Die Lärmstimulation wirkte sich in erster Linie auf den Tiefschlaf aus. Die Schlafstadien 3 und 4 wurden von durchschnittlich 86 Minuten beim ungestörten Nachtschlaf auf 65 Minuten beim lärmgestörten Nachtschlaf vermindert ($p < 0.01$). Entsprechend wurden diese Stadien auch beim Tagschlaf nach Nachtschicht von 82 auf 54 Minuten reduziert ($p < 0.005$).
2. Beim Nachtschlaf hatte die Lärmeinspielung keine signifikante Reduktion des REM-Schlafes zur Folge; jedoch ergab sich beim lärmgestörten Tagschlaf eine Verminderung dieses

Stadiums um durchschnittlich 19 Minuten ($p < 0.05$).

3. Einschlafdauer, Gesamtschlafdauer und Wachphasen wurden weder im Nachtschlaf noch im Tagschlaf durch Lärm beeinflusst. Jedoch wurden nachts durch Lärm die Perioden der addierten Stadien 0 und 1 vermehrt ($p < 0.02$), was beim lärmgestörten Schlaf während des Tages nicht zu beobachten war.
4. Die Tiefschlafreduktion machte sich im Tag- und Nachtschlaf erst im 2. und in den folgenden Schlafzyklen bemerkbar; die Störwirkung des Lärms nahm also mit fortschreitender Schlafdauer zu.
5. Die REM-Latenz war beim lärmgestörten Nachtschlaf um 30 Minuten, beim lärmgestörten Tagschlaf um 13 Minuten verlängert ($p < 0.05$, einseitige Fragestellung). Der zyklische Schlafablauf wurde durch nächtlich präsentierten Lärm nicht beeinflusst; beim Tagschlaf zeigte sich unter Lärmeinfluß eine Verlängerung des 2. Schlafzyklus um 18 Minuten ($p < 0.05$).
6. Die Lärmapplikation verursachte bei der Mehrzahl der Versuchspersonen im Nachtschlaf relativ geringe subjektive Wirkungen; beim Tagschlaf waren die Beschwerden merklich abgeschwächt. Obwohl das Probandenkollektiv homogen war, zeigten sich teilweise große individuelle Unterschiede.
7. Der Tagschlaf ohne Lärmstörung war im Vergleich zum ungestörten Nachtschlaf nicht signifikant verkürzt. Die durchschnittliche Dauer der Schlafzyklen war mit 91 Minuten beim Tagschlaf um 13 Minuten signifikant ($p < 0.01$) kürzer. Die Gesamtdauer der Schlafstadien unterschied sich nicht signifikant zwischen Tag- und Nachtschlaf.
8. Der first night effect äußerte sich beim Tagschlaf durch eine Reduktion des REM-Schlafes um 20 Minuten ($p < 0.05$) und einen verzögerten Beginn des Deltaschlafs (8 min, $p < 0.005$, einseitige Fragestellung).

9. Der ungestörte Tagschlaf im Laboratorium wurde von der Mehrzahl der Versuchspersonen im Vergleich zum Schlaf zu Hause verbessert empfunden. 4 Versuchspersonen empfanden den Tagschlaf unter Lärmeinspielung angenehmer als den Tagschlaf zu Hause.

6. Literaturverzeichnis

- (1) AGNEW, Jr., H.W., W.B. WEBB und R.L. WILLIAMS:
The effects of stage four deprivation.
EEG-Journal 17, 68-70, 1964
- (2) dieselben:
The first night effect: An EEG-study of sleep.
Psychophysiology 2, 263-266, 1966
- (3) dieselben:
Comparison of stage four and 1 - REM sleep Deprivation.
Percept. Mot. Skills 24, 851-858, 1967
- (4) dieselben:
Sleep cycle reversal.
APSS Meeting, Psychophysiology 5, No. 2, 1968
- (5) ASCHOFF, J.
in BAUST, Ermüdung, Schlaf und Traum.
Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH,
1970
- (6) ASERINSKY, E. und N. KLEITMAN:
Regularly occurring periods of eye motility and
concomitant phenomena during sleep.
Science 118, 273, 1953
- (7) BAEKELAND, F. und R. LASKY:
Exercise and sleep patterns in college athletes.
Percept. Mot. Skills 23, 1203-1207, 1966

- (8) BAUST, W.:
Ermüdung, Schlaf und Traum.
Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH,
1970
- (9) BERGER, R.J.:
Experimental modification of dream by meaningful verbal
stimuli.
Brit. J. Psychiat. 109, 722-740, 1963
- (10) BRYDEN, G. und T.L. HOLDENSTOCK:
Effects of night duty on sleep pattern of nurses.
Psychophysiology, 10, No. 1, 1973
- (11) CASTALDO, V. und H. SHEVRIN:
Different effect of an auditory stimulus as a function
of rapid eye movement and non-rapid eye movement sleep.
The Journal of Nervous and Mental Disease 150, No. 3,
1970
- (12) CHILES, D.W. und G. WEST:
Residual performance effects of simulated sonic booms
introduced during sleep.
Federal Aviation Administration, Office of Aviation
Medicine, Civil Aeromedical Institute, Oklahoma City,
Oklahoma, May 1972, Report No. FAA-AM-72-19
- (13) CLEMES, S.R. und W.C. DEMENT:
Effect of REM-sleep deprivation on physiological
functioning.
The Journal of Nervous and Mental Disease 144, 1967

- (14) COLLINS, W.E. und P.F. IAMPIETRO:

Simulated sonic booms and sleep: effects of repeated booms of 1.0 PSF.

Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine, Civil Aeromedical Institute, Oklahoma City, Oklahoma, Dec. 1972 Report No. FAA-AM-72-35

- (15) DEMENT, W.C. und N. KLEITMAN:

Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility and dreaming. EEG-Journal 9, 673-690, 1957

- (16) DEMENT, W. und E.A. WOLPERT:

The relation of eye movements, body motility and external stimuli to dream content.

Journal of Experimental Psychology 55, No. 6, 1958

- (17) DEMENT, W.C.:

The effect of dream deprivation.

Science 131, 1705-1707, 1960

- (18) EMPSON, J.A.C. und P.R.F. CLARKE:

Rapid eye movements and remembering.

Nature Lond. 277, 287-288, 1970

- (19) EHRENSTEIN, W., K. SCHAFFLER und W. MÜLLER-LIMMROTH:

Die Wirkung von Oxazepam auf den gestörten Tagschlaf nach Nachtschichtarbeit.

Arzneim. Forsch. (Drug. Res.) 22, 421-427, 1972

- (20) EVANS, F.J., L.A. GUSTAVSON, D.N. O'CONNELL, M.T. ORNE
und R.E. SHOR:
Response during sleep with intervening waking amnesia.
Science 152, 666-667, 1966
- (21) FIRTH, H.:
Habituation during sleep.
Psychophysiology 10, No. 1, 1973
- (22) FISHBEIN, W.:
The effects of paradoxical sleep deprivation prior to
initial learning on long-term memory.
Psychophysiology 6, 225-226, 1969
- (23) derselbe:
The effects of paradoxical sleep deprivation during the
retention interval on long-term memory.
Psychophysiology 6, 225, 1969
- (24) FROST, J.D.:
The effects of spacecraft noise on sleep.
Amendment 2 S to Contract NAS 9 - 9418
- (25) GLOBUS, G., J. FRIEDMAN und H. COHEN:
Effect of aircraft noise on sleep as recorded in the
home.
Sleep Research 2, 116, 1973
- (26) JANSEN, G.:
Beeinflussung des natürlichen Nachtschlafs durch Geräusche.
Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen 1968

- (27) KALES, A., F. HOEDEMAKER, A. JACOBSEN und
E. LICHENSTEIN:
Dream deprivation: an experimental reappraisal.
Nature 204, 1337-1338, 1964
- (28) KLEITMAN, N.:
Sleep and wakefulness.
The University of Chicago Press, Chicago 1963
- (29) KNAUTH, P. und J. RUTENFRANZ:
Untersuchungen zum Problem des Schlafverhaltens bei ex-
perimenteller Schichtarbeit.
Int. Arch. Arbeitsmed. 30, 1-22, 1972
- (30) KOHLSCHÜTTER, E.:
Messungen über die Festigkeit des Schlafes.
Zeitschr. f. rat. Med. 17, 210-253, 1862
- (31) KORNER, A.:
Growth hormone control of biosynthesis of protein and
ribonucleic acid.
Recent Progress in Hormone Research 21, 205, 1965
- (32) KOUKOU, M. und P. LEHMAN:
EEG and memory storage in sleep experiments with
humans.
EEG-Journal 25, 455-462, 1968
- (33) dieselben:
EEG and memory storage in sleep experiments with
humans.
EEG-Journal 28, 101, 1970

- (34) KRIPKE, D.F., B. COOK und O.F. LEWIS:
Sleep of night workers: EEG recordings.
Psychophysiology 7, No. 3, 1970
- (35) LEVERE, T.E., R.T. BARTUS und F.D. HART:
The relation between time of representation and the
sleep disturbing effects of nocturnally occurring jet
aircraft flyovers.
NASA-Report, CR-2036, May 1972
- (36) dieselben:
Arousal from sleep: responsiveness to different
auditory frequencies equated for loudness.
Physiology and Behaviour 10, 53-57, 1973
- (37) LOOMIS, A.L., E.N. HARVEY und G.A. HOBART:
Cerebral states during sleep as studied by human brain
potentials.
J. exp. Psychology 21, 127, 1937
- (38) LUKAS, J.S., M.E. DOBBS und K.D. KRYTER:
Disturbance of human sleep by subsonic jet aircraft
noise and simulated sonic booms.
NASA Report CR-1780, Washington DC, July 1971
- (39) LUKAS, J.S. und M.E. DOBBS:
Effects of aircraft noises on the sleep of women.
NASA Report CR-2041, Washington DC, June 1972
- (40) LUKAS, J.S. und K.D. KRYTER:
Awakening effects of simulated sonic booms and subsonic
aircraft noise on six subjects, 7-72 years of age.
NASA Report CR-1599, May 1970

- (41) MENDEL, M.I. und R. GOLDSTEIN:
Early components of the averaged electroencephalic response to constant level clicks all night.
Journal of Speech and Hearing Res. 14: 829-840, 1971
- (42) MENZEL, W.:
Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik und Schichtarbeit.
Benno Schwabe Verlag, Stuttgart: 1962
- (43) MULLIN, F.J., N. KLEITMAN und N.R. COOPERMAN:
Studies on the physiology of sleep changes in irritability of auditory stimuli during sleep.
J. Exp. Psychology 21, 88-96, 1937
- (44) MURPHY, E.H. und H. STARR:
Evoked response to electrical stimulation of the auditory pathway during the wake sleep cycle.
Brain Research 35, 491-500, 1971
- (45) MUZET, A., P. NAITH, L.C. JOHNSON und R.E. TOWNSEND:
Effect of 30-day exposure to impulsive noise on body movements during sleep.
Sleep: Physiology, Biochemistry, Psychol., Pharmacol., Clinical Implications, 1st European Congr. Sleep Res., Basel 1972, 412-413 (Karger, Basel, 1973)
- (46) O'BRIEN, D.M., F.D. HART und T.E. LEVERE:
Survey on the sleep study program at North Carolina State University.
82nd Meeting of the Acoustical Society of America
Denver, Colorado, October 22, 1971

- (47) OSADA, Y., S. TSUNASHIMA, K. YOSHIDA, S. OGAWA und C. OHOKUBO:

Effects of train and jet aircraft noise on sleep.
From the department of physiological hygiene, Bull.
Inst. Publ. Health 21 (3), 133-138, 1972

- (48) OSWALD, I., A.M. TAYLOR und M. TREISMAN:

Discriminative response to stimulation during human sleep.
Brain 83, 440-453, 1960

- (49) OSWALD, I.:

Sleeping and waking physiology and psychology.
Amsterdam, New York, Elsevier, 1962

- (50) OTTO, E.:

Einfluß von Schallreizen auf EEG-Aktivität, Herzperiodendauer und atemmechanische Meßwerte im Schlaf.
Deutsche Gesundh. 25 (35), 1661-1668, 1970

- (51) RECHTSCHAFFEN, A., P. HAURI und M. ZEITLIN:

Auditory awakening thresholds in REM and NREM sleep stages.
Perceptual and Motor Skills 22, 927-942, 1966

- (52) RECHTSCHAFFEN, A. und A. KALES:

A manual of standardized terminology techniques and scoring system for sleep stages of human subjects.
Washington, DC: US Government Printing Office 1968

- (53) RUTENFRANZ, J.:

Arbeitsphysiologische Aspekte der Nacht- und Schichtarbeit.
Arbeits.-soz. med.-Arb.-Hyg. 1, 17-23, 1967

- (54) SASSIN, J.F., P.C. PARKER, L.C. JOHNSON, M.G. ROSSMAN,
J.W. MACE und R.W. GOTTLIN:

Human growth hormone release: relation to slow wave-
sleep and sleep waking cycles.

Science 165, 513, 1969

- (55) SCHAFFLER, K.:

Polygraphische elektrophysiologische Registrierungen
des Nachtschlafs nach Tagschicht und des Tagschlafs
nach Nachtschicht von acht Krankenschwestern mit phar-
makologischer Studie des Einflusses von Oxazepam auf
den Tagschlaf.

München: Diss. med. 1972

- (56) SHAPIRO, A., D.R. GOODENOUGH und R.B. GRYLER:

Dream recall as a function of method of awakening.

Psychosom. Med. 25, 174-180, 1963

- (57) SMITH, R.C. und G.L. HUTTO:

Sonic booms and sleep: affect change as a function of
age.

Report No. FAA-AM-72-24 June 1972 pp. 11

- (58) SOKOLOV, E.N.:

Neuronal models and the orienting reflex.

In "Central Nervous System and Behaviour", Ed. M.A.
Brazier, Josiah Macy Jr. Foundation

- (59) SWANN, T.H.:

A note on kohlschüppers curve: "Depth of Sleep".

Psychol. Bull. 26, 607-610, 1929

- (60) THIESSEN, G.J.:
Effect of noise from passing trucks on sleep.
J. Acoust. Soc. Am. 46, 98-99, 1969
- (61) TOWNSEND, R.E., L.C. JOHNSON und A. MUZET:
Effects of long term exposure to tone pulse noise on
human sleep.
Psychophysiology 10, No. 4, 1973
- (62) WEBB, W.B., H.W. AGNEW und R. WILLIAMS:
Effect on sleep of a sleep period time displacement.
Aerospace Medicine 42, 152-156, 1971
- (63) WEITZMAN, E.D. und H. KREMEN:
Auditory evoked responses during different stages of
sleep in man.
EEG-Journal 18, 65-70, 1965
- (64) WEITZMAN, E.D., D.F. KRIPKE, D. GOLDMACHER,
P. MCGREGOR und C. NOGEIRE:
Acute reversal of the sleep-waking cycle in man.
Arch. Neurol. 22, 483-490, 1970
- (65) WILLIAMS, H.L., J.T. HAMMACK, R.L. DALY, W.C. DEMENT
und A. LUBIN:
Responses to auditory stimulations sleep loss and the
EEG stages of sleep.
EEG-Journal 16, 269-297, 1964
- (66) WILLIAMS, L., H.C. MORLOCK und J.V. MORLOCK:
Instrumental behaviour during sleep.
Psychophysiology 2, No. 3, 1966

- (67) WOITCZAK-JAROSZOWA, J. und D. BRYKALSKI:
Med. Pracy 18, 340-349, 1967
- (68) ZIMMERMAN, W.B.:
Sleep mentation and auditory awakening thresholds.
Psychophysiology 6, No. 5, 1970
- (69) ZUNG, W.K. und W.P. WILSON:
Response to auditory stimulation during sleep.
Arch. Gen. Psychiat. 4, 548-552, 1961

Herrn Prof. Dr. med. W. Müller-Limmroth danke ich für die Überlassung des Themas und für das stets freundliche Entgegenkommen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. W. Ehrenstein, der das Computerprogramm erstellte und der mich bei allen Problemen hilfreich unterstützte.

Für die Übernahme des Correferates danke ich Herrn Prof. Dr.med. H. Hippius.

LEBENS LAUF

Bernd Schmid

geboren am 1.4.1948 in Winzer/Deggendorf

Eltern: Karl und Therese Schmid, geb. Killinger

1954 - 1958: Volksschule an der Fürstenrieder Straße in München

1958 - 1967: Erasmus-Grasser-Gymnasium in München

1967 - 1969: Wehrdienst in Amberg und München

Ab Wintersemester 1969/70 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Ludwig Maximilians Universität in München.

Sommersemester 1970: Naturwissenschaftliche Vorprüfung

Wintersemester 1971/72: Ärztliche Vorprüfung

Ab Sommersemester 1973 Anfertigung der vorliegenden Dissertation am Institut für Arbeitsphysiologie der Technischen Universität München.

